

Museum of the Terracotta Warriors and
Horses of Qin Shihuang,
Lintong, Shaanxi, PR China

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Ref. Z V, Zentrallabor
München

Jahresbericht 2004

**„Erprobung und Optimierung von Konservierungstechnologien
für Kunst- und Kulturgüter der Provinz Shaanxi, VR China“
BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen 01GWS038**

Annual Report 2004

***“Testing and Optimising Conservation Technologies for the
Preservation of Cultural Heritage of the
Shaanxi Province, PR China“
Federal Ministry for Education and Research
Project number 01GWS038***

Partner der Zusammenarbeit / *Project partners:*

Museum der Terrakottaarmee, Lintong / Shaanxi, VR China

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor, München

Ludwig-Maximilians Universität Munich, Department Chemie, Organische Chemie

Inhaltsverzeichnis JB 2004

	Page
Contents	
Summary on the events 2004; Publications and papers (S. Bucher)	2
Conservation of the Polychromy and Terracotta	
Untersuchung zur Festigung der Farbfassung (D. Bathelt)	4
Neue Untersuchungen zur Farbigekeit der Terrakottaarmee (C. Blänsdorf)	8
Virtual Reality	
Virtuelle Realität – Panorama- und Objektmovies von Skulpturen der Grabanlage des Qin Shihuang (F. Horn)	20
Virtuelle Farbkonstruktion von Kriegern der Tonarmee (F. Horn)	29
Stone armor	
Überprüfung des Festigkeitszuwachses gebrannter Kalksteinplättchen nach Behandlung mit verschiedenen Festigungsmitteln (S. Bucher)	35
Working report Lintong 2004: Excavation of one stone armor fragment (S. Bucher)	41
Tests on materials and preventive conservation	
Ageing tests for polymer products – application on conservation (Li Hua, Wang Weifeng)	52
Summary on preventive conservation (Wang Dongfeng)	58
Study on the Indoor Quality for the Terracotta Warriors' Museum (Rong Bo et al.)	60
Interim Report 04	68
Travel Reports and Work Stays	
Bericht über die Dienstreise nach Lintong, 8.-19.3.2004 (Bucher, Horn)	78
Bericht über die Dienstreise nach Xi'an, 30. 3. bis. 8.4. 2004 (Besuch der deutschen Delegation) (C. Blaensdorf)	81
Arbeitsaufenthalt in Lintong, 31. 5. bis. 24. 6. 2004 mit anschließender Teilnahme an der Tagung der Getty-Stiftung in Dunhuang (C. Blaensdorf)	87
Bericht zur Reise nach Lintong 18.-23.06.04 (Prof Langhals LMU München)	95
Arbeitsaufenthalt in Lintong, 6. 9. bis. 8.4. 2004 (C. Blaensdorf)	106
Aufenthalt der Chinesen in Deutschland (schedule).	117
Programm <i>Preventive Conservation</i> Kurs	118

Summary on events of the year 2004

- March Visit of a German Delegation in Lintong (Prof. Dr. Snethlage, Dr. Chen, S. Bucher, F. Horn) discussion about the exhibition, results of the co-operation and excavation of a stone armour (meetings with archaeological centre)
- March 30 to April 8 Visit of a German Delegation in Xian (Prof. Daim, Prof. Egg, Dr. Greiff, Dr. Zorn, Prof. Manfred Koob, Henriette Pleiger, Catharina Blänsdorf). Organisation of the exhibition.
- May 31 to July 13 Working Stay in Lintong. June 27 to July 2 Getty Conservation Conference in Dunhuang. D. Bathelt, C. Blänsdorf and S. Bucher are giving a lecture about their project work. July 3 – 13 Post Conference Tour.
- July 11 to 23 Mr. Luo Wenli (Vice Director of the Terracotta Army Museum), Mr. Guo Xiangdong (Director of Exhibition Department of the Museum of Terracotta Army) and Mr. Zhang Yinglan (Vice Director of the Archaeological Team of the Museum of the Terracotta Army). Working Stay in Munich interested in Virtual Reality and 3D movies for Exhibitions.
- Sept. 8 to Oct. 25 Working Stay in Lintong C. Blänsdorf and F. Horn.
- Oct. 25 to Nov.28 Mr. Xia Yin, Mr. Wang Dongfeng, Mr. Wang Weifang, Ms. Li Hua in Munich for a work stay with focus on preventive conservation, pigment analysis and measuring of colours
- Nov. 25 to 26 Steering committee in Mainz RGZM

Publications, Papers and Lectures

D. Bathelt, C. Blänsdorf, *PEG, PU und Acrylate. Entwicklung einer Methode zur Konservierung der Farbfassung der Terrakottaarmee*. Lecture TU München, Fachbereich Restaurierung, **13. 1. 2004**

D. Bathelt, *Konservierung der Farbfassung der Terrakottaarmee des Qin Shihuang*, lecture conference Dunhuang Academy, China, and Getty Conservation Institute, USA, in Dunhuang, **03.06.2004**. Im Druck

S. Bucher, *Bergung eines Steinpanzers aus der Grabanlage des Qin Shihuang*, lecture conference Dunhuang Academy, China, and Getty Conservation Institute, USA, in Dunhuang, **03.06.2004**. Im Druck

C. Blänsdorf, *The clay sculpures of the Shuilu'an temple in Lantian, Shaanxi Province* lecture conference Dunhuang Academy, China, and Getty Conservation Institute, USA, in Dunhuang, **03.06.2004. Im Druck**

H. Langhals, Die Restaurierung der Tonkriegerarmee des ersten chinesischen Kaisers. Wie kann man den größten archäologischen Fund erhalten? Lecture, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., **09.07.2004**

H. Langhals, Die Restaurierung des größten archäologischen Fundes: Die Terrakotta-Armee des ersten chinesischen Kaisers. Eine neue Anwendung der Elektronenstrahlhärtung. Lecture 29. Münchener Klebstoff und Veredelungs-Symposiums **25.-27.10.2004**

H. Dorschner, U. Lappan, C. Blänsdorf, D. Bathelt, I. Rogner, H. Langhals. Poster, 11. International Conference Polymeric Materials, Halle, 2004

Daniela Bathelt, Sandra Bucher, Rupert Utz, Catharina Blänsdorf, Rong Bo, *Der Erste Kaiser und seine Grabanlage – ein Projekt der Vergangenheit und der Zukunft*, in: Alte Fragen – Neue Antworten, Bundesministerium für Forschung und Bildung, Juni 2004, S. 38-45

Dissertation Rupert Utz, München (März 2004): „Stabilisierung von Lösslehmoberflächen in archäologischen Grabungen am Beispiel des Terrakottaarmee des Qin Shihuangdi“. Ludwig Maximilians Universität, München, 2004.

Articles with focus on the research and conservation work of the project

Terrakotta-Armee; Bunte Auferstehung, *Stern*, 45/2004

M. Matthew, S. Writer; Old Warriors get new armor, *Materials Performance*, Vol. 43, No. 4, April 2004

Untersuchungen zur Festigung der Farbfassung

Daniela Bathelt

Durch die Versuche der letzten Jahre konnte gezeigt werden, dass eine Festigung der gealterten Farbfassung durch Tränkung mit einer wässrigen Methacrylat-Lösung und deren anschließende Vernetzung durch Bestrahlung mit beschleunigten Elektronen möglich ist. Es waren aber, wie bereits im Jahresbericht 2004 erwähnt, im Laufe der Zeit Flecken auf der Oberfläche der Fragmente aufgetreten.

Untersuchungen mittels Durchlicht- und Fluoreszenzmikroskopie

Durch die Bestrahlung wird nicht alles Monomer polymerisiert. Die beschleunigten Elektronen dringen nur in den obersten Bereich der Terracotta ein, nur dort werden die Monomere vernetzt. In der restlichen Terracotta verbleiben Oligomere und Monomere. Dieses konnte durch mikroskopische Aufnahmen belegt werden, die von H. Juling am MPA Bremen durchgeführt wurden.

Es wurden hierzu Plättchen untersucht, die jeweils mit einer Formulierung von HEMA mit 5 Vol.% Etylenglycoldimethacrylat getränkt worden waren und anschließend mit beschleunigten Elektronen unterschiedlich bestrahlt wurden.

Plättchen 1 (Dicke: 5 mm): 0.6 MeV, 2 mA, 60 kGy

Plättchen 2 (Dicke: 4.4 mm): 1.0°MeV, 2 mA, 60°kGy

Bei beiden Plättchen sind deutlich drei Bereiche im Mikroskop zu unterscheiden.

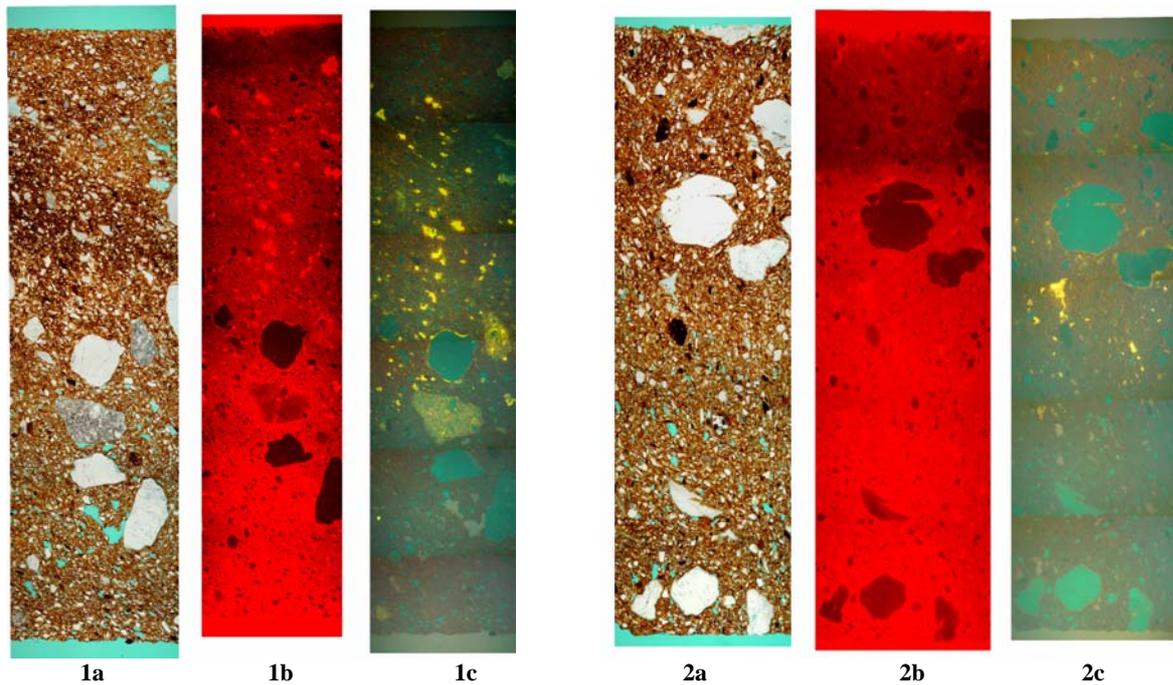


Abb. 1: Aufnahmen der Plättchen 1 und 2 im Durchlicht (a), unter Fluoreszenz bei Anregung mit 546 nm (b) und unter Fluoreszenz bei Anregung mit 450-490 nm (c)

In der untersten Zone, auf der der Bestrahlung abgewandten Seite, ist kaum mehr Monomer oder Polymer vorzufinden. Diese ist entweder bereits während oder nach der Behandlung verdunstet. Im mittleren Bereich ist an der starken Fluoreszenz bei einer Anregung mit 450 bzw. 490 noch unvernetztes Monomer festzustellen. Im oberen, dunklen Bereich fand erfolgreiche Vernetzung statt. Dies ist an der Verdunklung zu erkennen, Fluoreszenz tritt hier nicht auf. Die Verdunklung ist bereits mit bloßem Auge festzustellen.

In der ersten Zone, der oberen von den beschleunigten Elektronen durchdrungenen Zone, liegt vernetztes Polymer vor. Es wird deutlich dass mit der Zunahme der Intensität der Bestrahlung auch die Schichtdicke dieser Zone größer wird. Die gehärtete Zone ist bereits bei makroskopischer Betrachtung zu erkennen.



Abb.2: Mit der Elektronenstrahlmethode behandeltes Plättchen 2

Untersuchungen mittels IR-Spektroskopie haben zudem bestätigt, dass die Flecken aus Methacrylaten gebildet werden.

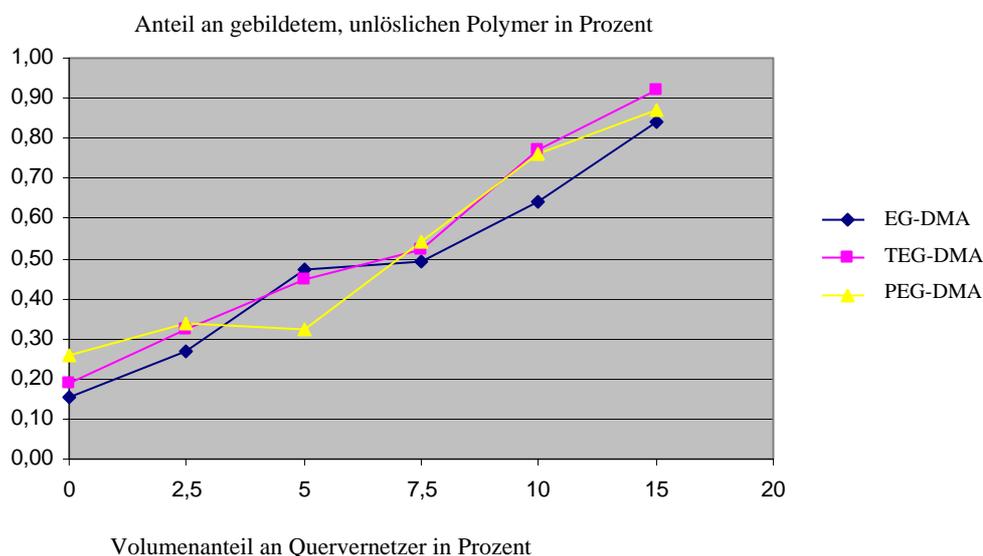
Die unvernetzten Monomere, welche sich in der Terrakotta durch die Tränkung befinden, können durch erhöhte Luftfeuchtigkeit mobilisiert werden und an die Oberfläche kommen. An der Oberfläche treffen sie auf die Pigmente, welche anorganische Metallsalze sind. Es ist bekannt, dass Dimethacrylate mittels Metallionenkatalyse bereits bei Raumtemperatur vernetzen.

Änderung der Formulierung

Vorversuche im Jahre 2004 haben bereits gezeigt, dass eine Festigung durch 2-Hydroxyethylmethacrylat (HEMA) auch in Kombination mit anderen Quervernetzern möglich ist. [Literatur Jahresbericht 2004, Daniela Bathelt]

Mittels Polymerisationsversuchen an verschiedenen Formulierungen mit unterschiedlichen Quervernetzern mit unterschiedlichem Volumenanteil sollte nun ein geeigneter Ersatz für das derzeit verwendete Polyethylenglycoldimethacrylat-550 gefunden werden, da dieses mit einem Anteil von 15 Vol.% und einem zu niedrigen Dampfdruck durch seine Fleckenbildung für die gewünschte Anwendung nicht geeignet ist.

Es wurden hierzu verschiedene Formulierungen in niedrigen Petrischalen bei gleichbleibender Bestrahlung durchgeführt. Die entstandenen unlöslichen Polymere wurden anschließend von den nicht-umgesetzten Monomeren durch wiederholtes Lösen in Methanol und anschließendes Ausfällen in Toluol getrennt.



Es ergab sich hierbei, wie der oben dargestellten Grafik zu entnehmen ist, dass der Anteil an gebildetem Polymer unabhängig von der Art des zugesetzten Quervernetzers ist.

Aus weiteren Festigungsversuchen von isolierten Lackschollen auf nachgestellter Terrakotta ergab sich, dass eine zufriedenstellende Festigung durch den Zusatz von mindestens 5 Vol.% an Quervernetzer zu erreichen ist.

Fazit

Es kann somit festgehalten werden:

- in gefestigten Fragmenten ist noch ein großer Anteil an nicht umgesetztem Monomer
- nicht umgesetztes Monomer kann mit Hilfe von Wasser und Kompressen ohne Beschädigung der Oberfläche eluiert werden
- die Menge an gebildetem vernetztem Polymer variiert bei gleicher Bestrahlung bei den untersuchten Quervernetzern nahezu nicht
- für die Festigung ist eine Mindestmenge von 7.5 Vol.% Quervernetzer ausreichend
- der in PLEX 6803-1 enthaltene Quervernetzer PEG-DMA 550 kann durch einen geringeren Anteil von EG-DMA ersetzt werden

Neue Untersuchungen zur Farbigkeit der Terrakottaarmee

Kniende Bogenschützen und Musterborten der Offiziere

Catharina Blänsdorf

Die Untersuchung der Farbigkeit der Terrakottakrieger wurde seit 1991 begleitend zur Konservierung der Fassungen durchgeführt. Viele Einzelergebnisse sind auf diese Weise zusammengetragen worden. Die Pigmente und übliche Mischungen sind dadurch weitgehend bekannt. Anhand der zu Konservierungstests herangezogenen Originalfragmente ergaben sich auch Informationen zur Farbigkeit von Teilbereichen. Die Untersuchungen gingen jedoch über eine Erfassung des Bestandes kaum hinaus. Systematische Untersuchungen der Maltechnik und Farbverteilungen und somit Überlegungen zum ursprünglichen Aussehen einzelner Figuren oder sogar Figurengruppen wurden 2004 erstmals unabhängig von Konservierungsfragen durchgeführt.

1. Kniende Bogenschützen

Im Oktober 2004 wurde aus dem Gang 18 in Grabungssektor 21 der Grube 2 eine weitere Figur eines knienden Bogenschützen in das Labor des Museums überführt. Die Figur, die bereits am Rande einer Sondierungsgrabung 1977 halb freigelegt war, lag mit dem Bauch nach unten auf dem Boden. Als sie angehoben wurde, zeigte sich, dass überraschender Weise auf der Vorderseite und dem unter dem Körper verborgenen Kopf noch viel Farbfassung erhalten war. Die Konservierung der Farbfassung erwies sich wegen der bereits fortgeschrittenen Austrocknung als sehr problematisch, der größte Teil der Farbe blieb in der Erde oder ging verloren. Dieser Bogenschütze Nr. SH001 war die vorletzte Figur mit Fassungsresten, die aus dem ab 1999 freigelegten Teilabschnitt des Ganges 18 geborgen wurde. Eine letzte, noch teils mit der Erde bedeckte Figur befindet sich noch in der Grube. Die insgesamt neun geborgenen Figuren aus diesem Abschnitt wurden der Ansatzpunkt zu einer detaillierten Untersuchung der Farbigkeit und der Maltechnik der Figuren.

Alle Figuren wurden konserviert und besitzen dadurch mehr Farbfassung, als zuvor je zu sehen war. Teilweise waren bei der Konservierung auch Pigmentanalysen an Einzelbereichen durchgeführt worden. Außerdem stellen sie einen wenn auch kleinen, so doch geschlossenen Bereich der insgesamt 40 Bogenschützen aus G 18 dar.

Im Mai 2004 wurde begonnen, die Farben der acht konservierten Bogenschützen zu dokumentieren. Dafür wurden die Farben so, wie sie sich heute präsentieren, mit Gouachefarben in Schemazeichnungen eines Bogenschützen eingetragen, die jeweils alle vier Ansichten zeigen. Es zeigte sich, dass das Grundschema der Farbverteilung an den Bogenschützen sich relativ leicht erkennen lässt: Jacke, Hose und Schienbeinschutz sind jeweils einfarbig. Zweiteilig modellierte Schienbeinschutze sind meist auch zweifarbig gestaltet. Ärmelumschlag und Kragen können bis dreifarbig sein, die Farben entsprechen sich jeweils. Die Verbindungsstiche der Panzerplatten, die Haarbänder und, soweit vorhanden, Schnürsenkel sind ebenfalls farbig abgesetzt.

Auf der Grundlage dieses Wissens kann man anhand geringer Farbreste das Farbschema erfassen und das ursprüngliche Aussehen mit großer Wahrscheinlichkeit rekonstruieren. Dies lässt sich an dem Beispiel eines Bogenschützen zeigen, dessen Farbfassung nicht konserviert wurde. Es sind nur kleine Farbinseln erhalten, die zusätzlich noch von anhaftender Erde bräunlich verfärbt sind. Sie reichen jedoch aus, um die farbige Gestaltung zu rekonstruieren (Abb. 1).



Abb. 1. Bogenschütze No. 02812 im Depot des Museums und Rekonstruktion des Farbschemas

Maltechnik

Die Bestimmung der Pigmente an den neun Figuren aus Grube 2, T21G18 ergab eine Bestätigung der bekannten Palette (Knochenweiß, Bleiweiß, Zinnober, rotes Eisenoxid, Goldocker, Azurit, Malachit, Pflanzenschwarz), allerdings eine große Bandbreite an Farbnuancen. Besonders die große Zahl von Rosa- und Rotbrauntönen ist auffällig. Varianten in diesen gemischten Tönen mögen an der Vielzahl der beteiligten Maler liegen, weist aber auch auf eine feine Differenzierung hin.

Als Farbtöne sind Grün und Rotbraunnuancen am häufigsten. Beide Töne sind auch an anderen Figurentypen für große Farbflächen verwendet worden. Blau, Violett, leuchtend Rot und Weiß und Schwarz tauchen seltener auf bzw. öfter in kleineren Farbflächen. Vielleicht waren künstlerische Vorlieben oder die Bedeutung bestimmter Farben für die Farbverteilung ausschlaggebend. So mag Schwarz als Farbe des Kaisers vielleicht nur bestimmten Rängen oder Personen vorbehalten gewesen sein, zum anderen stellt es keinen lebhaften Kontrast zum dunkelbraunen Lack her. Zum anderen mögen auch maltechnische und materielle Gründe die Auswahl beeinflusst haben: Azurit und Zinnober sind teurer als andere Pigmente, Azurit ist zudem in vielen Bindemitteln nicht unproblematisch in der Verarbeitung. Auch Han Purple mag zu den teureren Pigmenten gehört haben.

Die Inkarnate sind einschichtig hell (Fig. No. 08), zweischichtig (hell auf kräftig rosa), z. T. sogar dreischichtig (hell, kräftig rosa, hell) aufgebaut. Die Zweischichtigkeit (Figuren No. SH001, 02, 04, 05, 06, kann maltechnisch begründet sein und entspricht auch dem im Westen bekannten Verfahren, Inkarnatfassungen rötlich zu unterlegen, um einen natürlichen Eindruck leicht durchschimmernder Hautpartien zu erzeugen. Allerdings scheinen die sehr dicken Farbschichten der Terrakottafiguren, die - heute verstärkt durch das fehlende Bindemittel - komplett opak sind, gerade dieses Durchscheinen zu verhindern. Die Dreischichtigkeit (Figuren No. 03, 07) kann man wohl nur als Korrektur im Arbeitsprozess verstehen: Auf der untersten, sehr glatten Schicht waren bereits mit glatten Strichen und eher schematisch der Haaransatz und die Gesichtszüge aufgemalt. Die oberen Schichten sind stärker pastos, der Haaransatz ist mit trockenen einzelnen Pinselstrichen und nicht als Linie ausgeführt. Inwiefern diese Beobachtungen „Stile“ der Figuren erkennen lassen könnten, müsste an einer größeren Zahl von Figuren untersucht werden.

Farbton und Schichtaufbau von Händen, Füßen und Gesichtern stimmen oft nicht überein. So gehören kräftiger getönte Hände zu blassen Gesichtern oder andersherum.

Eine Korrektur wegen einer Beschädigung ist eindeutig die partielle Überarbeitung der Hände der Figur No. 08: Der rechte Daumen der schon bemalten Figur war abgebrochen, die linke Hand aus dem Ärmel gerutscht. Die Fuge am Daumen und der Ansatz am Handgelenk der linken Hand, die nicht mehr zu weit wie zuvor eingeschoben werden konnte, wurden nach der Reparatur übermalt. Genau der richtige Farbton war nicht mehr angemischt, die Farbe ist etwas heller. Die Abweichung ist jedoch so gering, dass die Reparatur nicht sofort auffällt.

Gewänder sind meist einschichtig aufgebaut. Die violette Jacke der Figur No. 07 ist jedoch weiß unterlegt, was die Farbintensität erheblich steigert. Andere mehrschichtig aufgebaute Partien wie die untere Hälfte des Schienbeinschutzes der Figur No. 8 (blau auf cremeweiß auf grün) sind vielleicht als Überarbeitung zu interpretieren, auch wenn die Trennung zwischen mehrschichtigem Farbaufbau und Überarbeitung nicht immer gezogen werden kann.



N >

Abb. 2. Farbfassungen von Figuren in Grube 2, T21G18, Blick von Osten

Farbwechsel sind vor allem an Ärmeln, Kragen und seltener an Hosen und Schienbeinschützen zu beobachten. Besonders Blau und Grün sind dabei flecken- oder abschnittartig mit Ocker durchsetzt. Der Farbwechsel von Blau zu Ocker an Kragen und Ärmeln des Kriegers No. 01 („Grünes Gesicht“) ist offensichtlich Teil des künstlerischen Konzepts, denn der Goldockerton entspricht dem Farbton der anhaftenden Erde, zeigt Struktur und Pinselduktus wie die angrenzenden Farbschichten und im Querschliff auch eine feine dunkle Schicht zwischen Farbschicht und Erde, die auf die Verrußung beim Brand 206 v. Chr. zurückzuführen ist. Einen ähnlich aufgeteilten, an Batikstoffe erinnernden Kragen zeigt ein Infanterist aus Grube 1 (No. 02528), bei dem sich Blau (Azurit) mit Violett (Han Purple) abwechselt. Genau wie dem Bogenschützen No. 01 wechselt die Farbe mittig im Nacken einmal komplett, läuft dann seitlich aus, so dass vorn wieder komplett blau zu sehen ist.

Verfärbungen sind jedoch nicht auszuschließen: In vielen Partien lässt sich zwischen ockerfarbener Fassung und Erde nicht eindeutig unterscheiden, so an der blaugrünen Jacke der Figur No. 03, die vielleicht auch komplett mit Ocker übermalt war, oder dem Schienbeinschutz der Figur No. 02, an dem ockerfarbene Inseln mit Pinselstruktur farblich und strukturell in als Erdauflagen zu erkennende Schichten übergehen.

Sicherlich keine Farbveränderung ist der Farbton des grünen Gesichts der Figur No. 1, der, wie alle Grüntöne, mit Malachit gemalt ist. Die grüne Farbe ist wohl als geschminktes Gesicht zu verstehen, denn Scheitel, Rückseite der Ohren und Nacken sind hautfarben – wie auch Hände und Füße. Auf den Lippen haben sich nur Reste einer weißen Schicht erhalten, die als Farbe, aber auch als Unterlegung für ein verlorenes Lippenrot gedeutet werden können.

Alle Hautfarben sind nur mit Weiß und Rot ausgemischt und rangieren somit zwischen fast weiß und kräftig rosa. Der heute gelbliche Ton vieler Gesichter beruht ausschließlich auf einer Verfärbung der hellen Töne durch aufliegende Erde.

Farbverteilung

Insgesamt wurden kräftige Farben und kontrastreiche Kombinationen bevorzugt. Werden gedeckte Töne oder Nuancen derselben Farbe verwendet, tauchen sie nicht direkt nebeneinander auf. Eine Festlegung von Farben auf bestimmte Bereiche scheint es nicht zu geben, bis auf die Überspannstiche auf den Panzerplatten, die an allen untersuchten Infanteristen ausnahmslos zinnoberrot waren. Rot scheint auch die bevorzugte Farbe der Haarbänder zu sein, es gibt jedoch auch rosafarbene. Als Farben für die Buckelstiche finden sich weiß, cremeweiß, ocker oder unbemalt, an anderen einfachen Soldaten wurden auch orangerot, rot, grün und schwarz / unbemalt festgestellt. Schnürsenkel scheinen in allen Farben vorzukommen.

Die Zusammenstellung der neun Figuren (Abb. 2) zeigt auch, dass jede Figur anders bemalt ist. Auch bei Figuren mit ähnlicher Grundfarbigkeit wiederholen sich die Farben der kleineren Flächen (wie Kragen oder Hosen) nicht. Eine mögliche Aufstellung nach Hauptfarben, vielleicht in Vorwegnahme noch nicht bekannter Uniformen, scheint es nicht zu geben. Es scheint im Gegenteil - zumindest bei diesen neun Figuren - bei der Aufstellung in der Grube darauf geachtet worden zu sein, die Figuren möglichst bunt zu mischen.

2. Stehende Bogenschützen und Infanteristen

Während der Arbeit im Depot des Museums konnten auch wenige Figuren anderen Typs untersucht werden, die noch Farbreste zeigen.

Zwei stehende Bogenschützen, ebenfalls aus Grube 2 scheinen überwiegend in grün gekleidet zu sein. Figur No. 02816 hat eine grüne Jacke mit grünen Aufschlägen und grüne Scheinbeinschutze. Figur No. 02817 trägt eine grüne Jacke mit rot abgesetztem Kragen und Ärmelumschlägen und eine grüne Hose. Die Haarbänder sind in beiden Fällen rot.

Ein Reiter aus Grube 2, T13 konnte nach Fotos von der Ausgrabung rekonstruiert werden: Die Jacke ist rotbraun mit Aufschlägen und Kragen in rot, die Kappe ist zinnoberrot, die Hose grün. Der Panzer hat zinnoberrote Langstiche und cremeweiße Buckelstiche. Der Gürtel zeigt ein feines, in schwarz auf den Lack gemaltes Rautenmuster und einen weißen Gürtelhaken in Form eines fliegenden Vogels.

Eine Rekonstruktion des Museums der Terrakottaarmee eines anderen Reiters zeigt eine grüne Jacke mit Kragen und Aufschlägen in zinnoberrot. Der Panzer hat zinnoberrote Langstiche und helle Buckelstiche. Der Gürtel ist zinnoberrot ohne Muster. Die braune Kappe zeigt rote Dreipunktmuster, die Stiefel scheinen grün mit roter Naht und roten Schnürsenkeln zu sein. Die Hose ist eventuell hellviolett

Weitere Figuren dieser Typen konnten noch nicht untersucht werden und sind auch in chinesischen Publikationen nicht beschrieben, so dass die Ergebnisse noch nicht gedeutet werden können. Repräsentativ ist vielleicht die Dominanz von Rotbraun und Grün in der Farbigkeit. Das häufige Vorkommen von (Zinnober-)Rot und Grün wurde bereits bei den Ausgrabungen der vorderen Sektoren der Grube 1 in den Jahren 1974-1984 beobachtet.



Abb. 3. Reiter aus Grube 2, T13

3. Farbfragmente in Erde und Figuren mit gemusterten Borten

Im Museum der Terrakottaarmee sind 171 Fragmente von Erde aufbewahrt worden, in denen sich Materialien der Terrakottaarmee abgedrückt hatten. Ca. 100 davon sind Farbschichten. An 29 dieser Farbfragmente wurden die Farben dokumentiert und die Pigmente bestimmt, um Farbnuancen zu dokumentieren. So konnten mindestens fünf verschiedene Blauschattierungen (dunkelblau, mittelblau, grünblau, hellblau, sehr helles „Babyblau“) und drei Rottöne festgestellt werden, die auf unterschiedlichen Aufmalungen oder Qualitäten, z.T. auch auf Ausmischungen mit Weiß oder anderen Pigmenten beruhen. Insgesamt fünf Farbfragmente zeigen feinteilige Muster.

Dokumentation der Muster

Nach Untersuchung mit Streiflicht und Mikroskop konnten Dekor und Farbigkeit in Gouachezeichnungen erfasst werden. Abbildung 4 zeigt eines dieser Fragmente und verdeutlicht auch, dass eine fotografische Erfassung oder eine Beschreibung hier als Dokumentation nicht geeignet waren. In der Folge wurden alle farbigen Fragmente und alle Versuche zu Rekonstruktionen auch in Farbskizzen umgesetzt.



Abb. 4. Fragment B-0113 und Rekonstruktion von Muster und Farbigkeit (Zeichnung als Negativ in der Erde)

Die Muster wurden zuerst im Maßstab 1:1 als Dokumentation des Bestands unter Angabe der erkennbaren Farbigkeit dokumentiert, d.h. als Negativ in der Erde.

Zuordnung der Muster

Als nächster Schritt wurde versucht, die Herkunft der Musterfragmente zu klären. Als erstes musste der zugehörige Figurentyp herausgefunden werden. Prinzipiell kommen drei Figurentypen in Frage, für die Panzer mit ornamentalem Dekor oder gemusterten Borten beschrieben sind. Diese sind

- a. Generäle mit Schuppenpanzer
- b. Offiziere mit schürzenartigem Panzer
- c. Offiziere mit geradem Schuppenpanzer

Typ I

Typ II

Zeichnungen
fehlen noch

图二五 车兵军吏俑 (T19G10: 14) (三)

Strichzeichnung
Minderheitenoffizier
fehlt noch

a. Generäle mit Schuppenpanzer

Die Generäle zeigen mindestens zwei verschiedene Muster: Das eine ziert den Oberkörper, das andere läuft als Borte um den Panzer herum.

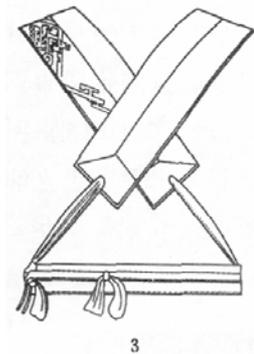
Generäle vom Typ I, der sich mit vor dem Bauch gekreuzten Händen abstützt, haben zudem einen Oberarmschutz, dessen glatte Flächen und Borten sicherlich verziert waren, auch wenn davon nicht erhalten ist.

Generäle vom Typ II mit gestreckten Händen haben vergleichbar verzierte Panzer, aber keinen Oberarmschutz. (Generäle vom Typ III sind nur durch die Kappe als General gekennzeichnet, sie tragen keinen Panzer).

b. Offiziere mit schürzenartigem Panzer

Zwei dieser Offiziere stehen im vorderen Teil der Grube 1 auf Wagen, äquivalent zu Generälen. Die Kappen weisen ihnen jedoch einen niedrigen Rang zu. Trotzdem sind sie offensichtlich als Wagenoffiziere in wichtiger Position.

Ihre Panzer sind wie Küchenschürzen geschnitten, deren breite Gurte auf dem Rücken gekreuzt werden. Daran sind schmale Bänder angesetzt, die in der Taille verknötet werden. Der Panzer hat eine Borte, die um den Panzer herumläuft und eine, die den Halsausschnitt bildet. Auf den Rückengurten vereinigen sich beide Streifen zu einer Borte.



3

c. Offiziere mit geradem Panzer („Minderheitenoffizier“)

Die meisten Krieger (einfache Soldaten bis Generäle) tragen einen Panzer, dessen Vorder- und Rückenteil um den Körper herum fest verbunden sind und dessen unterer Abschluss mittig spitz zuläuft. Er wird wie ein Hemd über den Kopf gezogen und auf der linken Schulter mit einem Knebelknopf geschlossen. Auf diese Weise kann der Halsausschnitt sehr eng sein.

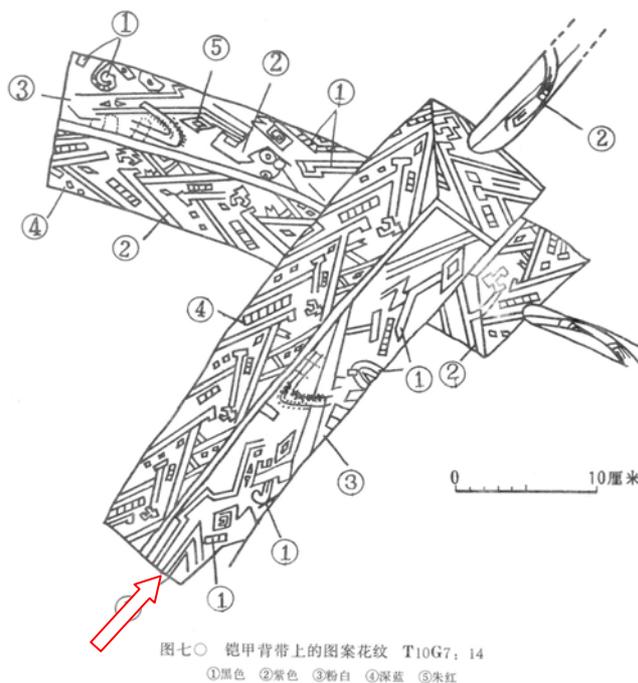
Einige Offiziere haben jedoch einen besonderen Panzer, der nicht nur auf der linken Schulter, sondern auch an der linken Seite offen ist und dort durch Übereinanderziehen der Kanten geschlossen wird. Man kann also von der Seite aus hineinschlüpfen. Die Plättchen sind wie bei den einfachen Soldaten miteinander verbunden. Der Schnitt ähnelt jedoch dem der Offiziere mit einem glatten Oberteil und umlaufenden Borten. Der untere Abschluss hängt bis auf die Oberschenkel herunter und ist gerade. Wegen dieses „exotischen“ Panzertyps sind die Figuren auch als Vertreter nichtchinesischer Minderheiten gedeutet worden.

Alle bisher gefundenen Figuren stammen aus dem vorderen Teil der Grube 1, wo sie als Teil der Infanterie in einem Block mit anderen Offizieren zusammen aufgestellt sind.

Alle diese Figuren sind Krieger in herausgehobener Position, von denen nur wenige vorhanden sind. Unter den bisher ausgegrabenen Figuren befinden sich neun Generäle, fünf Offiziere mit Schürzenpanzer und vier mit geradem Panzer. Zieht man die beiden ungepanzerten Generäle ab, bedeutet dies: 16 von ca. 1500 Figuren zeigen Musterdekors.

Wagenoffiziere mit Schürzenpanzer

Alle Muster sind von den chinesischen Archäologen dokumentiert worden, allerdings in Schwarzweißzeichnungen, die wegen der Feinteiligkeit der Dekors unübersichtlich, manchmal nicht sehr genau und in Hinblick auf die Farbigkeit nur sehr partiell aussagekräftig sind. Zusätzlich schwierig ist, dass in der Publikation des Grabungsberichts die Zeichnungen z. T. um 90 oder 180° gedreht abgedruckt sind. Immerhin lassen sich die Grundformen erkennen. Für die Generäle sind zwei Mustertypen abgebildet, die nur bei ihnen vorkommen. Bei den Wagenoffizieren finden sich zwei weitere Muster, die auf den gekreuzten Rückengurte als Borten verlaufen (Abb. 5). Eines der beiden kehrt in den Borten der Offiziere mit geradem Panzerabschluss wieder (Abb. 6).



134

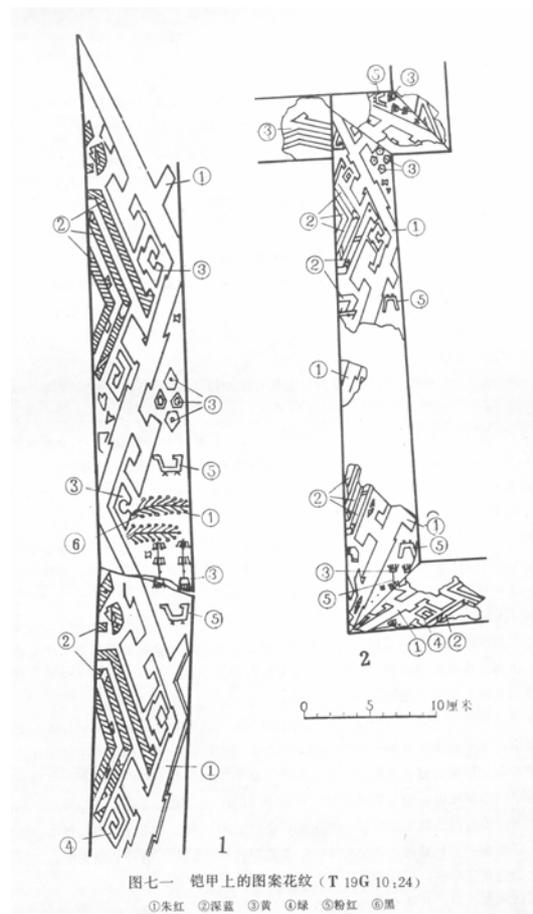


Abb. 5. Rückenpanzer des Wagenoffiziers T10G7:14 mit Musterstreifen (roter Pfeil), der bei Offizier T19G10:94 (Abb. 6) wiederkehrt

Abb. 6. Borte des Panzers des Offiziers mit geradem Panzerabschluss T19G10:24

Vier der fünf Musterfragmente in Erde gehören zu diesen Borten um Panzer der Offiziere, drei davon sicher zu Rückengurten eines Wagenoffiziers, da beide Musterborten in Ansätzen erhalten sind (Abb. 7: 2, 3, 4). Zwei der Fragmente (Abb. 7: 2, 3) lassen eine grüne Jacke erkennen. Aufgrund der spärlichen Angaben kann (noch) nicht festgelegt werden, um welche Figur es sich handelt und ob überhaupt alle Fragmente zu einer Figur gehörten. Trotzdem wurde ausgehend von den vier Farbzeichnungen der Bruchstücke versucht, sie den richtigen Positionen innerhalb des Bandes zuzuordnen.

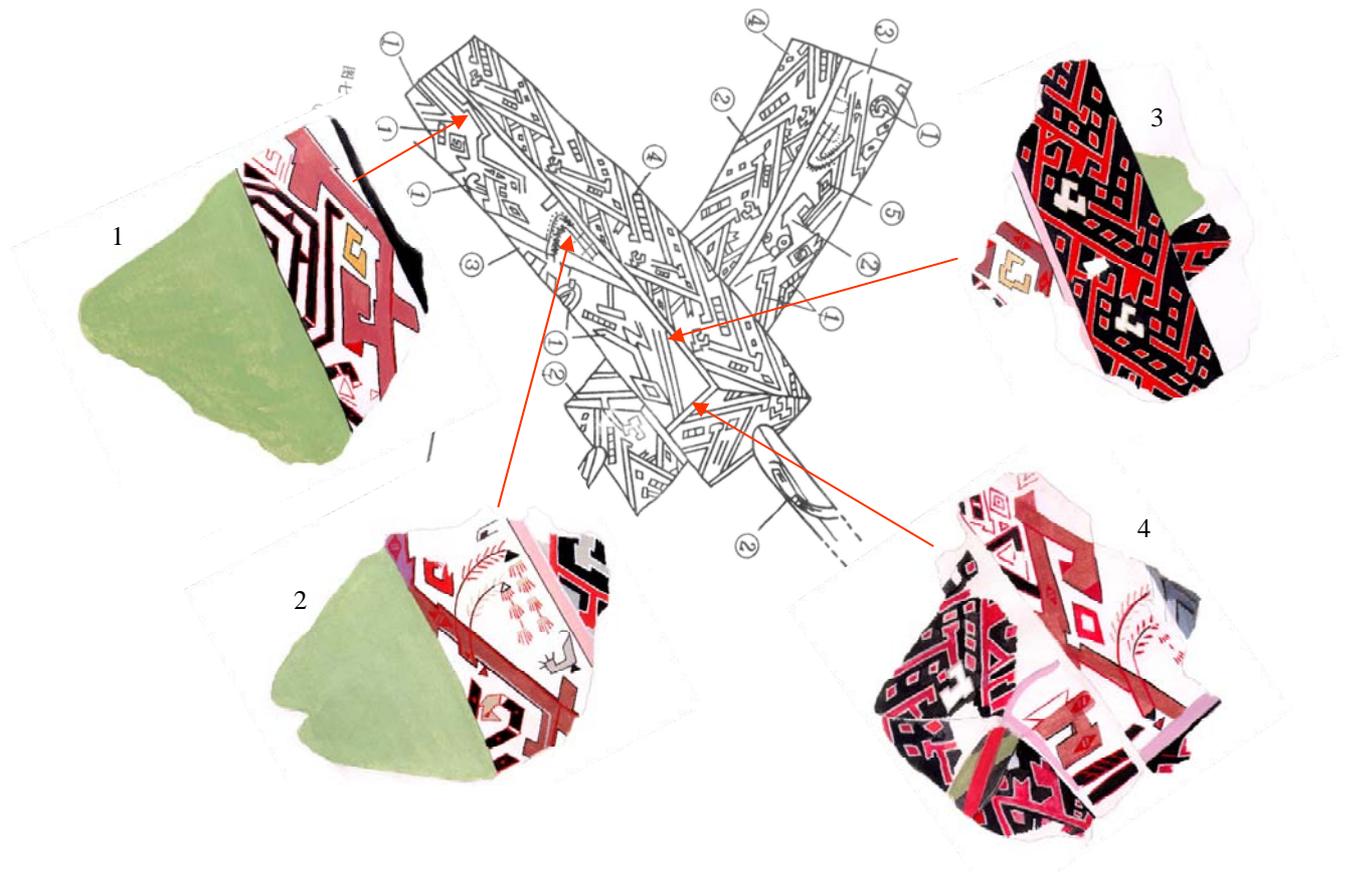


Abb. 7: Strichzeichnung der Archäologen aus den 1970er Jahren und Zuordnung von vier erhaltenen Fragmenten desselben Musters. Die Strichzeichnung zeigt das Muster im Negativ, d.h. als Farbe in Erde.

(1) Fragment No. B-0145, Farbschicht auf Gips (Positiv), weißgrundiges Band mit gewinkelttem schwarzen Muster und Zackenband

(2) Fragment No. B-0114, Farbschicht in Erde (Negativ), mit Zackenband, „hängenden Glöckchen“, einem Teil des schwarzgrundigen Musters und rosa Trennlinie

(3) Fragment No. B-0113, Farbschicht in Erde (Negativ), schwarzgrundiges Muster, mit einem Teil des weißgrundigen, rosa Trennlinie und am Kreuzungspunkt der Gurrte, erkennbar am zweiten, schräg verlaufenden schwarzgrundigen Muster

(4) Fragment No. B-0111, Farbschicht in Erde (Negativ), Überlappung der Gurtenden mit jeweils beiden Mustern, Naht in der Ecke des Gurtes und Ansatz des Zugbandes (Schwarz mit rotem und grünem Schmuckband)

Es zeigt sich, dass die beiden gezeichneten Muster nun sehr viel verständlicher werden. Die beiden Steifen zeigen zwei unterschiedliche Muster. Das untere, das um den Panzer herumläuft, ist weißgrundig. Das obere, das vorne um den Halsausschnitt verläuft, ist schwarzgrundig. Getrennt werden sie von einem rosafarbenen Streifen.

Das weißgrundige Muster wird von einem Zackenband in Dreiecksfelder gegliedert. Von den Füllornamenten sind die beiden „Zweige“ mit herabhängenden „Dolden“ am auffälligsten, die sich im Dreiecksfeld zur Mitte des Gurtes hin befinden. Die Dreiecksfelder zur Jacke hin

zeigen schwarze Linien mit roten Umrandungen, deren geknickte Enden durch rote Punkte den Eindruck von „Köpfen“ geben.

Das schwarzgrundige Muster zeigt ein geometrisches rotes Muster mit heller Umrandung und eingestreuten weißen, Winkelornamenten.

Glücklicherweise haben sich auf den vier Fragmenten alle Stücke erhalten, die erforderlich sind, um die Abwicklung des Bandes zu rekonstruieren. Der Rapport des schwarzgrundigen Musters ist erhalten, inklusive Ecklösung, ebenso der rosafarbene Trennstreifen und ein Stück des schwarzgrundigen Zugbandes mit sich kreuzenden roten und grünen Schmuckbändern. Dabei stellte sich auch heraus, dass zwei Fragmente (Abb. 7: 2, 3) vermutlich aneinander gehörten, da sie sich perfekt zusammensetzen lassen. Im Rapport des weißgrundigen Musters fehlen lediglich kleine Füllornamente, die aus der Zeichnung des Panzers mit geradem Abschluss des Offiziers T19G10:24 (Abb. 6) übernommen werden konnten. Auf diese Weise konnten die gekreuzten Bänder fast vollständig rekonstruiert werden.



Abb. 8. Rekonstruktion des Musters durch Zusammensetzen der vorhandenen vier Fragmente und Ergänzung der fehlenden Partien nach den Zeichnungen der Archäologen, als Negativ in der Erde.

Für die Ausführung der Muster ist zu bemerken, dass alle Linien überaus exakt gezogen sind, die feinen sind ca. 0.5 mm breit, perfekt gleichmäßig und gerade. Nur am Zackenband war eine rote Linie zu erkennen, die vielleicht als Hilfskonstruktion des Verlaufs diente, ansonsten bleiben Hilfen der Übertragung und des Arrangements verborgen. Beide Muster wirken durch die Kantigkeit der Ornamente wie gewebte Textilien, nur die „Zweige“ und „Dolden“ erscheinen wie mit einzelnen Stichen aufgestickt. Der realistische Eindruck wird sogar noch dadurch gesteigert, dass die Muster leicht verzogen sind – genauso wie Stoffe es über einem Körper tun würden.

Als letzter Schritt wurden das gesamte Muster gespiegelt, um es so darstellen zu können, wie es ursprünglich auf der Figur zu sehen war (Abb. 9).



Abb. 9. Rückenansicht eines Wagenoffiziers und Rekonstruktion der Farbfassung der Rückengurte als Positiv

Schwierigkeiten der Dokumentation

Bei der Dokumentation der Farben in den Gouachezeichnungen sollten die Farbtöne exakt so nachgemischt werden, wie sie heute erscheinen. Dabei wurde versucht, die Farben möglichst ohne Verschmutzung zu erkennen, z.B. an Bruchkanten an Fehlstellenrändern. Dass trotzdem Farbverschiebungen Richtung Gelb mitdokumentiert wurden, wurde klar, als die gemalten Farben mit den Pigmentanalysen verglichen wurden: Das Grün besteht meist aus reinem Malachit, zugemischt sind evtl. Azurit oder Weiß. Alle Malachitsorten sind jedoch deutlich bläustichiger als das immer wieder in derselben Gelblichkeit nachgemischte Grün.

Beim Nachmischen der Farben waren nicht nur Zugaben von Ocker erforderlich, sondern auch viel Weiß und etwas Schwarz. Das zeigt, dass nicht nur Verschmutzung, sondern auch der Verlust des Bindemittels die Farbwirkung verändert hat. Sie erscheinen opaker und heller, was in der Wiedergabe den Zusatz von Weiß erforderte.

Ein Problem all dieser Farbuntersuchungen ist, dass die Fragmente schlecht dokumentiert sind, so dass nicht mehr nachvollziehbar ist, woher sie kommen, zu welchen Figuren und an welche Stellen sie gehören. Das gilt in ähnlicher Weise auch für die Figuren, deren Depotnummern sich nicht auf die Grabungnummern zurückführen lassen. Referenzlisten, die dies ermöglichen würden, sind nicht einsehbar, bzw. existieren angeblich nicht. Grabungsunterlagen, Fotos oder Zeichnungen sind ebenfalls nicht einsehbar bzw. nicht vorhanden. Eine Datenbank über die Figuren ist erst im Aufbau und im gegenwärtigen

Zustand noch zu unvollständig, um auch nur wichtige Figuren wie die neun Generäle zu identifizieren.

Zudem sind Figuren wie Farbfragmente oft mit restlicher Erde verklebt, mit Feinstaub aus der Luft verschmutzt und z.T. in nicht dokumentierten Maßnahmen mit Festigungsmitteln eingelassen worden, die Oberflächen und Farbigkeit stark verändern und oft zu einer Vermischung der Pigmente mit der Erde geführt haben. Die Rückführung auf die ursprüngliche Farbigkeit ist dabei nicht einfach. So stellte sich die zunächst als hell, aber graubraun undefinierbarfarbene dokumentierte Jacke des Bogenschützen No. 01 aufgrund der Pigmentuntersuchungen als ursprünglich hellrosa heraus.

Bei den in Erde erhaltenen Farbschichten kam weiterhin dazu, dass die Farbschichten von der Rückseite aus sichtbar sind, was die Interpretation und Ablesbarkeit gerade der Muster erschwert. So sind feine Details von der Hintergrundfarbe abgedeckt, die natürlich nicht entfernt werden kann.

An Figuren wie an den Erdfragmenten konnten nicht alle Fragen geklärt werden. Einige Farben sind unklar, einige Bereiche zu stark zerstört. Verschiedentlich wurden deshalb auch Alternativmöglichkeiten skizziert, die Farbnuancen oder auch Farbtöne einzelner Partien betreffen.

Vor diesem Hintergrund gleichen die Untersuchungen einem Puzzle, bei dem aufgrund neuer Erkenntnisse immer wieder Korrekturen vorgenommen werden müssen.

Ausblick

Die Untersuchungen seit dem Mai 2004 haben gezeigt, dass mittlerweile die Palette der verwendeten Pigmente weitestgehend bekannt ist. Farbnuancen, die auf Mischungen beruhen, sollen weiter untersucht und farblich dokumentiert werden, da hier die Bandbreite doch breiter ist als lange angenommen. Sehr viel mehr Bereiche als bisher bekannt, sind an den neun untersuchten Bogenschützen zweischichtig aufgebaut. Der mehrschichtige Aufbau ist jedoch noch nicht verstanden und soll weiter untersucht werden.

Die Erfassung der Farbfassungen an möglichst vielen Figuren erscheint trotz der großen Gesamtzahl sinnvoll, da Stückchen für Stückchen sich so Verständnislücken schließen können. Die Übertragbarkeit bestimmter Schemata auf andere Figuren desselben Typus erlaubt, auch isolierte Ergebnisse in ein Gesamtbild einzubauen. Bisher hat jede neue Untersuchung noch Erkenntnisse gebracht. Mit vorgefertigten Formblättern und selbst erstellten Farbkarten ist dies auch im zeitlichen Aufwand vertretbar. Mit mehr Zeit können Schemazeichnungen der individuellen Figuren nach den abgenommenen Farbangaben koloriert werden, was bereits einen sehr plastischen Eindruck der ursprünglichen Farbigkeit gibt.

Für die Figuren mit aufwändig gestalteten Musterdekors ist die Rekonstruktion auf Papier geplant: ein Wagenoffizier auch in Vorderansicht, ein Offizier mit geradem Panzer, die verschiedenen Generäle. Die Genauigkeit, mit der die gemalten Muster gewebte Textilien zu imitieren scheinen, lassen auch eine Suche nach textilen Vorbildern sinnvoll erscheinen – ebenso eine Suche nach formalen Vorbildern, die die Bedeutung der abstrakten Ornamente enthüllen könnten.

Weiterhin sollen die Fassungen ausgewählter Figuren anhand von Kopien im Maßstab 1:1 rekonstruiert werden. Diese sollen auf der Ausstellung in der Bundeskunsthalle Bonn 2006 neben den Originalen präsentiert werden. Die Ausführung an Kopien hat den Vorteil, dass Dreidimensionalität, Glanzgrad und Oberflächenstruktur einbezogen werden können, die mit Gouache auf Papier nicht darstellbar sind. Noch fehlen jedoch wichtige Informationen, wie die Farbigkeit einzelner Teilbereiche und die Art des Bindemittels, um eine gesicherte, originalgetreue Rekonstruktion erstellen zu können.

Virtuelle Realität – Panorama- und Objektmovies von Skulpturen der Grabanlage des Qin Shihuang

Felix Horn, Meng Zhongyuan

Einleitung

Die virtuelle Realität (VR) kann als Hilfsmittel eingesetzt werden, um Kunst besser erfahrbar werden zu lassen. Der Einsatz von virtuellen Welten gestattet dabei Ansichten oder Blickwinkel von Kunstwerken, die in der realen Welt nur schwer oder gar nicht möglich sind. So kann der Besucher einer Ausstellung oder eines Museums sich virtuell an den weit entfernten und meist unzugänglichen Ort der Ausgrabung begeben. Ebenso erlaubt der Einsatz der virtuellen Realität, Ausstellungsobjekte aus sonst schwer zugänglichen Perspektiven zu betrachten.

Der Ansatz für dieses Projekt war, am Beispiel der Grabanlage des ersten Chinesischen Kaisers Qin Shihuang aufzuzeigen, welche Möglichkeiten die Anwendung der virtuellen Realität beinhaltet. Anhand von Terrakottakriegern und Bronzefiguren aus den Nebengräbern des ersten Kaisers soll der Einsatz der VR aufgezeigt werden. Das Ziel war dabei Design und Ausführung eines „virtuellen Rundganges“ durch Panoramamovies sowie die Visualisierung einer scheinbaren 3D-Szenen in Form eines Objektmovies.

Panorama¹- und Objekt-Movie

Was versteht man unter einem Panorama- und Objektmovie²? In der realen Welt steht der Mensch bei einem Panorama-Blick an einem Aussichtspunkt und dreht sich dabei um die eigene Achse. Übertragen auf die virtuelle Welt zeigt sich dem Betrachter eines Panoramamovies die Umgebung von einem festen Standpunkt im Rundblick. Die horizontale und vertikale Blickrichtung kann beliebig verändert werden.

Beim Betrachten eines Kunstwerkes, z. B. einer Skulptur, umrundet der Interessierte das Kunstobjekt auf einer kreisförmigen Bahn. Ein Objektmovie erlaubt scheinbar eine virtuelle Bewegung um den zu betrachtenden Gegenstand. Das entsprechende Sujet kann aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden. Mit einem Objektmovie können scheinbar plastische und hoch aufgelöste Darstellungen sowie zeitliche Abläufe verwirklicht werden.

Realisiert wird die Darstellung solcher Movies mit Hilfe einer speziellen Betrachtungs-Software³, bei der die Blickrichtung mit der Maus individuell verändert werden kann. Dadurch ist es möglich, in der Szene frei zu navigieren sowie Ausschnitte zu verkleinern oder zu vergrößern und die virtuelle Welt im Detail zu erforschen. Der Betrachter sieht dabei einen rechteckigen Ausschnitt des Panoramas. Wenn er ihn mit der Maus weiterbewegt, werden ihm weitere Teile der Bilderserie übermittelt, so dass ein flüssiger Perspektivenwechsel erfolgt. Zudem wird anfangs nicht die größtmögliche Auflösung der Ansicht gezeigt. Indem man die Zoom-Taste des Players betätigt, vergrößert man den Bildausschnitt und erhält die Illusion, sich einem Detail zu nähern.

¹ Der Begriff Panorama setzt sich als Kunstwort aus den griechischen Bestandteilen „pan“ (= alles) und „horama“ (= Schau) zusammen und bedeutet so viel wie Rundblick oder All-Ansicht.

² Panorama- und Objektmovies werden wegen ihrer Art der virtuellen Darstellung auch als Panorama-VR oder Objekt-VR bezeichnet, wobei VR als Abkürzung für Virtuelle Realität steht.

³ Eine solche Betrachtungs-Software (engl. „Viewer“) ist der QuickTime Player von der Firma Apple. QuickTime ist ein plattformübergreifendes Multimedia-Format zur Erzeugung und Übertragung von Movie, Sound, Animation, Graphiken, Text und Musik. Der Player beinhaltet ein Plug-In für Browser wie z. B. Netscape und Internet Explorer, womit sich QuickTime-Movies in eine Webseite integrieren und direkt im Browser abspielen lassen. Der QuickTime Player kann kostenlos unter:
<http://www.apple.com/quicktime/download/standalone/> [Stand: 01.03.2005] herunter geladen werden.

Der Einsatz von VR-Applikationen bietet sich als Hilfsmittel bei der Auseinandersetzung mit Kunstwerken an. Besonders die realitätsnahe und interaktive Benutzung durch den Betrachter ist ein großer Vorzug von Panorama- und Objektmovies. Das direkte und unmittelbare Studium am Kunstobjekt kann jedoch dadurch nicht ersetzt werden.

Jedoch kann die Verwendung von virtueller Realität dazu beitragen, Kunst davor zu bewahren, unnötigen Belastungen ausgesetzt zu werden. So könnte ein stilkundliches Studium beispielsweise – auch über große Entfernung hinweg – über das Internet am virtuellen Kunstwerk erfolgen.

Panorama-Movie

Dem Besucher der Terrakottaarmee in Lintong ist die Besichtigung der Tonkrieger und Pferde nur vom Grubenrand aus möglich, der Zutritt zur Grube bleibt ihm jedoch verwehrt. Ein in der Grube angefertigtes Panoramamovie eröffnet die Möglichkeit, die Krieger aus unmittelbarer Nähe zu studieren.

Die Darstellung von Panoramen am Rechner wird in drei unterschiedliche Projektionsarten unterteilt: zylindrische, sphärische und kubische Form. Bei der zylindrischen Projektion ist das Panoramabild wie die Außenwand eines Zylinders geformt, während sich der Betrachter am Mittelpunkt befindet. In horizontaler Richtung ist eine Drehung um 360 Grad möglich, vertikal ist der Betrachtungswinkel auf weniger als 120 Grad beschränkt. Die sphärische und die kubische Projektion erlaubt eine horizontale Drehung um 360 Grad und besitzt keine Beschränkung des vertikalen Blickwinkels.

Im Museum der Terrakottakrieger und Pferde wurde Grube Nr. 1 für die Erstellung von Panoramen ausgewählt. Aufgrund der guten Lichtverhältnisse ist besonders der vordere Bereich der Grube als Standort für die Fotos geeignet.

Als Ausgangsmaterial für ein Panoramamovie müssen mehrere Einzelaufnahmen erstellt werden. Für die Erstellung der Fotos wurde eine digitale SLR-Kamera⁴ zusammen mit einem Weitwinkelobjektiv⁵ benutzt. Durch die Verwendung eines speziellen Panoramakopfes, der auf das Stativ montiert wurde, war eine genaue Justierung des Drehpunktes möglich. Die Kamera ließ sich damit exakt auf dem Stativ ausrichten, so dass sie um den Nodalpunkt⁶ gedreht werden konnte. Dies war erforderlich, um Parallaxenfehler zu vermeiden, die sonst nach dem Zusammensetzen der Fotos sichtbar werden. Mit Hilfe einer kleinen Wasserwaage oder mit einer im Stativkopf eingebauten Nivellier-Libelle kann die Kamera horizontal ausgerichtet werden.

Um die gesamte Umgebung bei einem Schwenk von 360 Grad abzubilden, sind je nach verwendetem Objektiv 12-16 Aufnahmen nötig. Dazu wird die Kamera auf dem Stativ in definierten Winkelabschnitten horizontal gedreht. Wichtig ist dabei, dass die Einzelbilder einen Überlappungsbereich von ca. 30% besitzen, um sie später problemlos mit der Stitching-Software⁷ zusammensetzen zu können. Für ein sphärisches Panorama (360 x 360 Grad) mussten drei Serien aufgenommen werden: eine in horizontaler Richtung und eine bei der die Kamera jeweils um 45 Grad aus der Horizontalen nach oben oder nach unten geneigt wurde (Abb. 1b). Abschließend wurde jeweils noch ein Einzelbild senkrecht nach oben von der Decke (Abb. 2a) und senkrecht nach unten vom Boden erzeugt (Abb. 2b). Für das Bild senkrecht nach unten muss das Stativ entfernt werden. Die Kamera sollte dabei möglichst in unveränderter Position mit der Hand gehalten werden.

⁴ SLR = *engl.* Single Lens Reflex.

⁵ Kamera: Nikon D100, Objektiv: Nikon 18 mm.

⁶ *Engl.* Nodalpoint = Knoten- oder Nullpunkt. Entspricht dem optischen Zentrum des Objektivs.

⁷ *Engl.* to stitch together = zusammenheften.

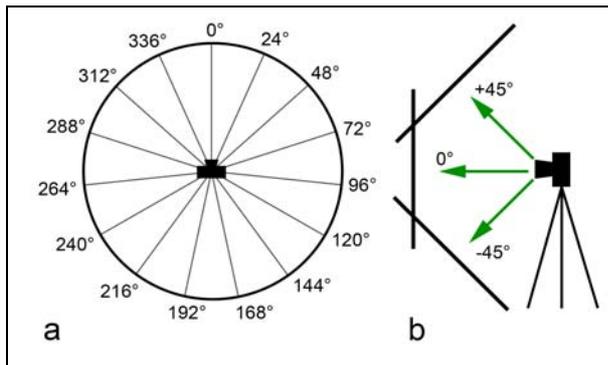


Abb. 1: a) Aufnahmen von 15 Bildern pro Serie in 24°-Schritten; b) Kamera beim Fotografieren der drei Bilder-reihen bei +45°, 0°, -45°.

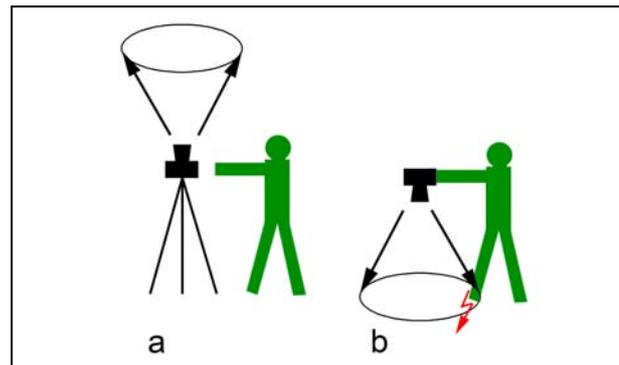


Abb. 2: Positionierung der Kamera beim Aufnehmen der Fotos senkrecht nach oben und unten: a) Foto der Decke, Kamera sitzt auf Stativ; b) Foto vom Boden mit in der Hand gehaltener Kamera, Stativ ist entfernt. Vorsicht: Füße können ins Bild ragen!



Abb. 3: Alle 47 Bilder des sphärischen Panoramas; *erste Reihe:* Serie bei +45°, *zweite Reihe:* Serie bei 0°, *dritte Reihe:* Serie bei -45°; *vierte Reihe:* Bilder senkrecht nach oben und unten.

Mit dem verwendeten Weitwinkelobjektiv⁸ wurden bei einem Umlauf der Kamera mit Schritten von 24 Grad 15 Fotos generiert (Abb. 1a). Für die erforderlichen drei Bildfolgen entstanden somit 45 Aufnahmen. Zusammen mit den Fotos für Decke und Boden wurden insgesamt 47 Bilder erzeugt (Abb. 3).

Besonderes Augenmerk bei der Aufnahme einer Fotoserie musste darauf gelegt werden, dass die Kameraeinstellungen für alle Bilder unverändert beibehalten werden. Durch einen konstanten Wert bei Belichtung, Entfernung, Weißpunkt etc. wurde gewährleistet, dass sich die Fotos am Rechner ohne Probleme zusammensetzen ließen. Veränderte Einstellungen innerhalb einer Bildserie können dazu führen, dass im Überlappungsbereich der Bilder Ränder entstehen. Im schlimmsten Fall ist das Zusammensetzen (= Stitchen) der Einzelbilder nicht mehr möglich. Deshalb war es wichtig, darauf zu achten, die Kamera ohne Automatik manuell zu bedienen und beim Drehen die Entfernungseinstellung nicht zu verändern.

⁸ Hinweis: Bei Digitalkameras Brennweitenverlängerung durch Sensor beachten! Bei der verwendeten Kamera (Nikon D100) beträgt der Brennweiten-Verlängerungsfaktor ca. 1,5. Ein 18 mm Weitwinkelobjektiv erhält dadurch eine Brennweite von 27 mm.

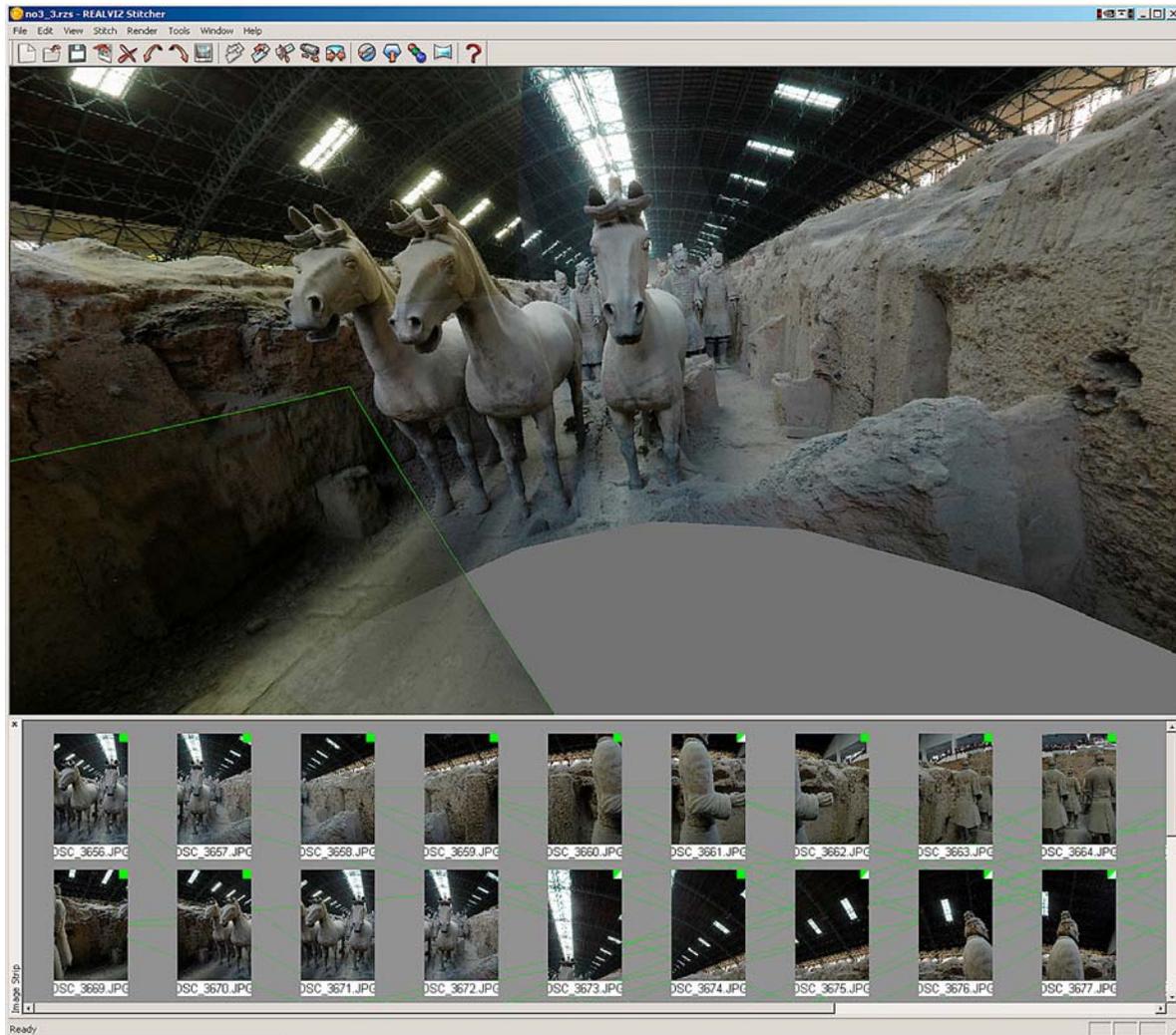


Abb. 4: Zusammensetzen des Panoramas aus den Einzelbildern mit der Stitching-Software (Realviz Stitcher).

Waren alle Aufnahmen erstellt, wurden die Digitalbilder auf den Rechner übertragen und in die Stitching-Software⁹ importiert, zusammengesetzt und gerendert¹⁰ (Abb. 4). Das Ergebnis ist ein Panorama im (QTVR-)Multimedia-Movie-Format, das mit einem entsprechenden Viewer betrachtet werden kann (Abb. 5). In der Regel waren Nachbearbeitungen an Details der Movies notwendig, um zu einem guten Ergebnis zu gelangen.

Werden an einem Ort mehrere Panoramamovies erstellt, besteht die Möglichkeit, die einzelnen Dateien durch sogenannte „Hotspots“¹¹ miteinander zu „verlinken“. Es wird dadurch möglich, sich an verschiedene Stellen eines Ausgrabungsortes zu bewegen und sich dort „virtuell“ umzusehen.

Innerhalb von Grube Nr.1 im Museum der Terrakottakrieger wurden an fünf unterschiedlichen Stellen Panoramabilder erstellt, welche zu einem „virtuellen Rundgang“ verknüpft werden können. Unterschiedliche Lichtverhältnisse bei den Aufnahmen, bedingt durch Tageszeit und Wetter, führten jedoch zu sehr verschiedenen Ergebnissen und Stimmungen bei den entstandenen Panoramamovies. Daher sind die einzelnen Movies nur bedingt miteinander kombinierbar.

⁹ Programm zum Herstellen von Panoramen: *REALVIZ Stitcher* v. 4.0.

¹⁰ Vom engl. *to render* = erbringen, leisten; in der Computertechnik Ausdruck für das Berechnen und Erzeugen eines Bildes.

¹¹ Ein „Hotspot“ – wörtlich übersetzt ein „heißer Punkt“ – stellt eine Verknüpfung durch einen Hyperlink, wie z. B. auf Internetseiten dar.



Abb. 5: Ansicht des sphärischen Panoramamovies aus Grube Nr. 1 im Museum der Terrakottaarmee (Apple QuickTime).

Objekt-Movie

Bei der Präsentation von Ausgrabungsstücken in Vitrinen sind bei der Betrachtung nur bestimmte Perspektiven möglich. Auch verhindert die Glasscheibe ein Anschauen aus kurzer Distanz: Ein Studium aus unmittelbarer Nähe ist nicht möglich.

Zur Erstellung eines Objektmovies wurde im Terrakottaarmee-Museum der kniende Armbrustschütze mit dem „Grünen Gesicht“ ausgewählt.

Bei dem Aufnahmeverfahren für Objektmovies wird zwischen Singlerow und Multirow-Technik¹² unterschieden. Ein Singlerow-Objektmovie besteht nur aus einer Reihe von Aufnahmen, bei welchen die Kamera auf horizontaler Ebene um das Objekt herum geführt wird. Erfolgen die Aufnahmen neben der horizontalen Richtung auch schräg von oben oder unten, spricht man von Multirow-Technik; es werden mehrere Aufnahmereihen erzeugt. Der Ausgangspunkt für die Herstellung eines Objektmovies sind digitale Fotos. Für die Aufnahmen wurden eine digitale Spiegelreflexkamera, ein Stativ sowie ein Drehteller mit Winkeinteilung verwendet. Durch den Einsatz eines neutralen Bildhintergrundes kann

¹² *Singlerow*: vom engl. *single* = einzeln und *row* = Reihe (= einreihig); *multirow*: vom engl. *multi-* = viele..., *mehr...* (= mehrreihig).

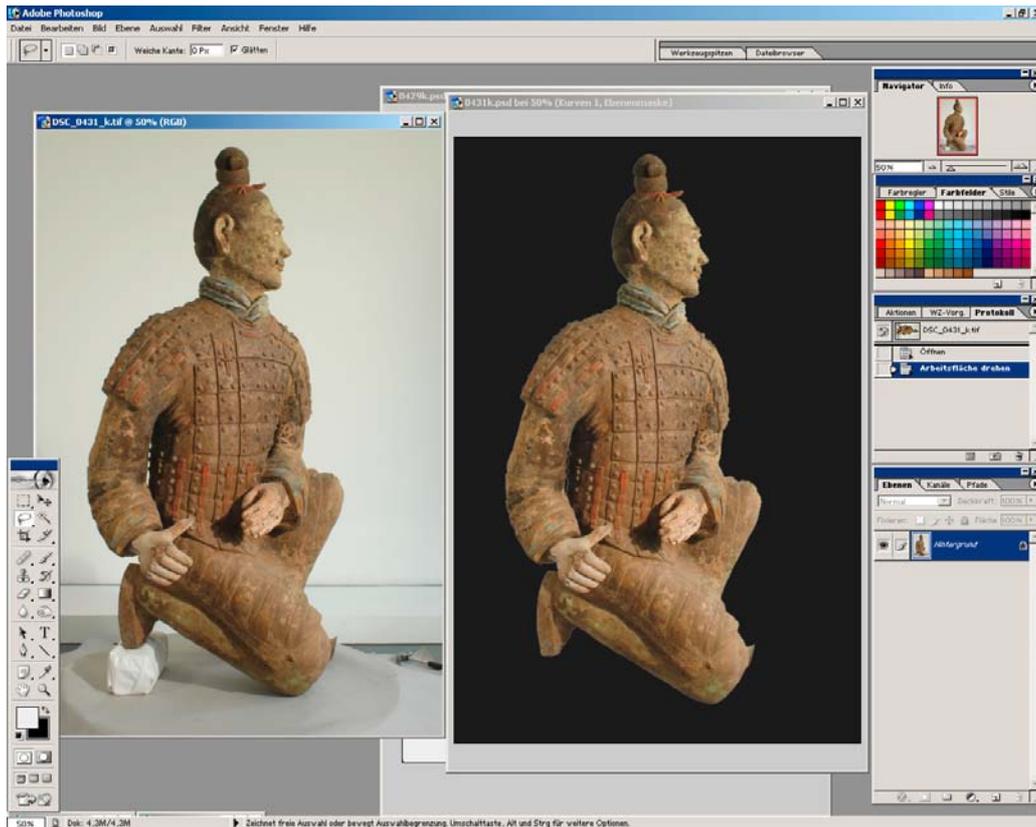


Abb. 6: Alle 47 Bilder des sphärischen Panoramas; *erste Reihe:* Serie bei $+45^\circ$, *zweite Reihe:* Serie bei 0° , *dritte Reihe:* Serie bei -45° ; *vierte Reihe:* Bilder senkrecht nach oben und unten.

vermieden werden, dass bei der Nachbearbeitung der Hintergrund aus jedem einzelnen Bild entfernt werden muss.

Der Tonkrieger wurde für die Fotoaufnahmen mittig auf der Drehscheibe platziert. Ausgeleuchtet wurde die Szene mit zwei Tageslichtleuchten. Die Kamera wurde entsprechend platziert, um die Tonkriegerfigur bildfüllend aufzunehmen; dabei war besonders darauf zu achten, dass sich beim Drehen der Figur stark auskragende Teile nicht aus dem Bildformat hinaus bewegten. Während der kompletten Bildreihe verblieb die Kamera an derselben Stelle. Auch hier galt, dass die einmal gefundenen Einstellungen für Belichtung und Entfernung bei allen Aufnahmen beibehalten werden mussten.

Je kleiner die einzelnen Drehwinkel gewählt werden, umso mehr Aufnahmen entstehen und umso flüssiger erscheint das Objekt bei der späteren Darstellung im Movie.

Bei der Erstellung des Objektmovies von dem knienden Armbrustschützen kam die Singlerow-Technik zur Anwendung. Zum Fotografieren wurde der Tonkrieger in Winkelschritten von $22,5$ Grad gedreht. Bei einer Volldrehung um 360 Grad entstanden dadurch 16 Aufnahmen mit jeweils unterschiedlicher Ansicht. Nach der Aufnahme wurden die Bilder von der Digitalkamera auf den PC übertragen.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde bei den Bildern mit einer Bildbearbeitungs-Software¹³ der Bildhintergrund ausgeschnitten, entfernt und anschließend durch einen einheitlichen dunkelgrauen Hintergrund ersetzt (Abb. 6).

¹³ Die Nachbearbeitung der Digitalbilder erfolgte mit *Adobe Photoshop CS*.

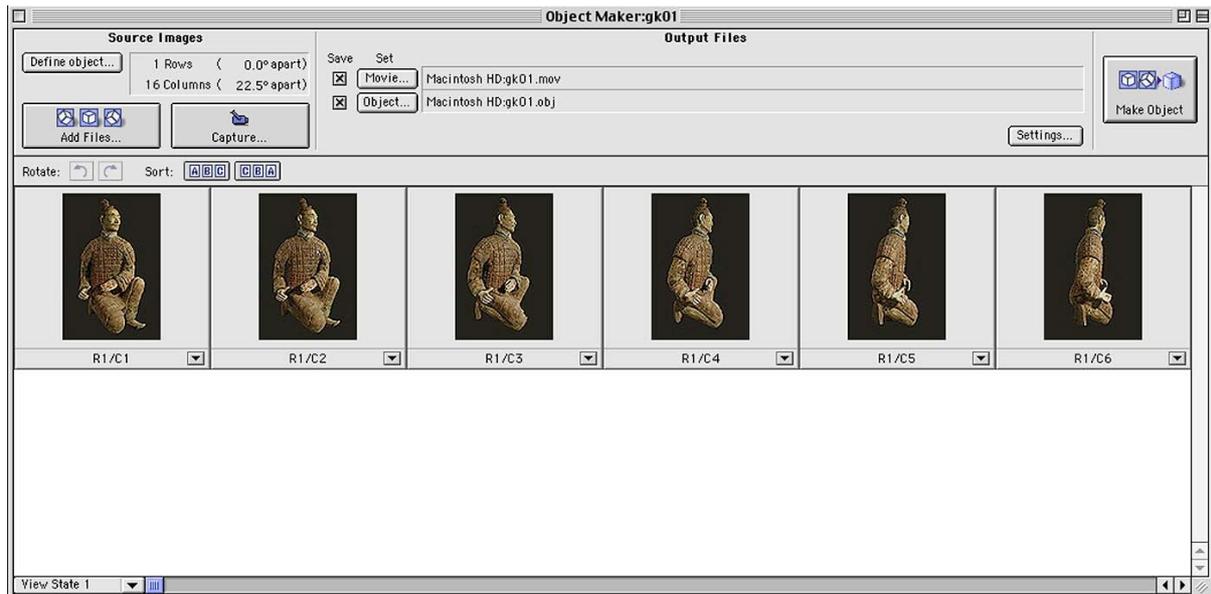


Abb. 7: Software beim Erzeugen des Objektmovies aus den Einzelbildern (QT VR Authoring Studio).

Zur weiteren Bearbeitung wurden die Bilder in eine Software zur Erzeugung von Objektmovies¹⁴ importiert und dort zusammengesetzt (Abb. 7). Durch entsprechende Einstellungen in den „Settings“ des Programms lassen sich die Eigenschaften des Objektmovies, wie z. B. Fenstergröße, Startpunkt, Auto-Start etc., anpassen. Als Ausgabeformat wurde das QTVR-Objekt-Movieformat verwendet (Abb. 8). Nach eingehender Betrachtung des entstandenen Movies, konnten noch vorhandene Fehler auf den Bildern mit dem Bildbearbeitungsprogramm beseitigt werden. Die Fotos mussten nach der Bearbeitung wieder zu einem Objektmovie zusammengesetzt werden.

¹⁴ Software zum Erzeugen von Objektmovies: *Apple QuickTime VR Authoring Studio* v. 1.0.



Abb. 8: Das fertige Objektmovie des knienden Armbrustschützen mit dem „grünen Gesicht“ (Apple QuickTime).

Ausblick

Was sind die Vorteile der VR-Technologie in der Restaurierung und im Museum? Mit relativ geringem Aufwand ist es möglich, kostengünstig scheinbare 3D-Szenen in Form von Panorama- und Objektmovies zu erstellen. Dadurch können realistische und unverfälschte Darstellungen von Objekten und Räumen mit hoher Qualität erstellt werden. Diese Art der Visualisierung eröffnet neue Dimensionen bei der Vermittlung eines räumlichen Eindrucks.

Für den Museumsbesucher entstehen durch die aktive Beschäftigung mit „virtueller Kunst“ neue Wege der Auseinandersetzung, das Erfassen eines Kunstwerkes wird dadurch gefördert. Ein weiterer Vorteil von Panorama- und Objektmovies ist die einfache Bedienbarkeit beim Anschauen mit einer Darstellungssoftware (Movie-Player). Für den Betrachter besonders attraktiv ist dabei die freie Navigierbarkeit in einer Szene.

In Museen oder archäologischen Sammlungen können Panorama- und Objektmovies in der Ausstellung unterstützend eingesetzt werden. Dazu könnten diese Movies mit Sprach-, Bild- und Textinformationen versehen werden. Bei einer Präsentation neben dem Kunstgegenstand mithilfe eines Monitors oder Beamers ließen sich so zusätzliche Inhalte vermitteln.

Auch verfügen die neusten Mobiltelefone bereits über die Möglichkeit, Movies bzw. Videos abzuspielen. In Zukunft könnte dem Museumsbesucher beim Betrachten eines Kunstgegenstandes ein entsprechendes Movie mit ergänzenden Informationen und Darstellungen auf das Handy übertragen werden. In Verbindung mit gesprochenen Texten, Fotos und anderen Animationen können Movies auf CD oder DVD gespeichert, im Museumsshop verkauft werden.

Als weiteres Einsatzgebiet wäre diese Technologie auch für Multimedia und TV-Produktionen einsetzbar.

Danksagung

Herzlichen Dank an alle Mitarbeiter des Museums der Terrakottakrieger und Pferde von Qin Shihuang und an die Kollegen im Chinaprojekt des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege für ihre Unterstützung bei der Arbeit. Besonders gedankt sei Li Hua, Wang Dongfeng, Wang Weifang, Xia Yin für die Mitarbeit bei den Aufnahmen in der Grube.

Virtuellen Farbkonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee

Befunderstellung und Dokumentation der Farbigkeit von Figuren der Tonkriegerarmee

Felix Horn

Für die geplante virtuelle Farbkonstruktion an 3D-Modellen soll die ursprüngliche Farbigekeit möglichst originalgetreu nachempfunden werden. Für die Ausführung der Farbkonstruktion ist es wichtig, den Malschichtaufbau annähernd zu begreifen und ein Verständnis des Farbschemas zu entwickeln. Deswegen wurden an den für das 3D-Scannen ausgewählten Figuren der Terrakottaarmee Befunduntersuchungen hinsichtlich ihrer Farbigekeit und ihres Zustandes unternommen.

Besonders intensiv untersucht wurde die Farbigekeit des hochrangigen Offiziers T9:1 und des knienden Armbrustschützen mit dem grünen Gesicht T21G18-01. Bei dem Armbrustschützen ist die Fassung noch weitgehend gut erhalten, weshalb die Rekonstruktion weniger problematisch scheint. Bei dem Offizier lassen sich nur noch geringe Farbreste auf der Oberfläche finden. Zur Dokumentation wurden digitale Fotos von erhaltenen Farbfassungsresten auf Figuren der Tonarmee und Fragmenten gemacht. Verwendet wurde dazu eine hochauflösende STL-Digitalkamera (*Nikon D 100*).

Durch die Verwendung der Farbchart *ColorChecker DC* von der Firma *Gretag Macbeth* beim Aufnehmen der Fotos und der Software *inCamera* von *Pictographics* ist es möglich, Farbkorrektur-Profile für die Digitalbilder zu erzeugen (**Abb. 3 + 4**). Diese ICC-Profile gewährleisten eine naturgetreue Farbwiedergabe und können an die digitalen Fotos angehängt werden.

Weiterhin wurden die Fassungsreste der Figuren in Ansichtsskizzen kartiert und kommentiert (**Abb. 1 + 2**). Mit Hilfe der gefertigten Digitalbilder und der Kartierung der Farbfassungsreste wurde begonnen, die Farbfassung einzelner Figuren (in Teilen) zu rekonstruieren.

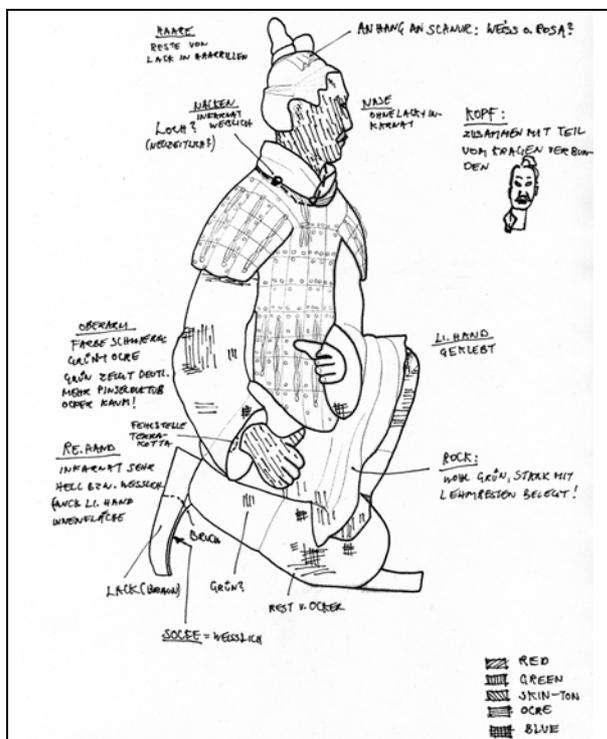


Abb. 1: Befund von Farbresten, kniender Armbrustschütze T21G18-01



Abb. 2: Hochrangiger Offizier T 9:1; Befunderstellung und Dokumentation der Farbreste



Abb. 3: Farbkorrektur am Beispiel des knienden Armbrustschützen T21G18-08; rechts unten die Farbchart *Colorchecker DC*.



Abb. 4: Hochrangiger Offizier T 9:1; blaue Farbreste auf der linken Brustseite am Übergang zur Borte des Brustpanzers

3D-Erfassung von figürlichen Plastiken der Grabanlage des ersten Kaisers

In der Zeit vom 11.– 15. Oktober 2004 wurde zusammen mit Herrn Guido Heinz, einem Mitarbeiter des Römisch-Germanischen Zentralmuseum Mainz, eine Messkampagne zur Digitalisierung von figürlichen Plastiken der Tonkriegerarmee durchgeführt. Dabei wurden im Museum der Terrakottakrieger und –Pferde in Lintong insgesamt vier Figuren gescannt: zwei kniende Bogenschützen, ein General und ein stehender Krieger.

Gescannte Figuren:

- Kniender Armbrustschütze T21G18-08
- Hochrangiger Offizier (General) 02747
- Stehender Krieger T21G10-13 / 02755
- Kniender Armbrustschütze T21G18-07

Außerdem wurde der bronzene Schwan Nr. 029 aus der Grube der Wasservögel (Grube Nr. 7) digitalisiert. Als Ort für die Durchführung der 3D-Scans wurde der Depot-Raum im Werkstattegebäude des Museums ausgewählt, da hier eine Vielzahl an Figuren aufbewahrt werden, er sich einfach abdunkeln lässt und über ausreichend Stromanschlüsse verfügt (**Abb. 5**).

Für die Vermessung der Figuren kam ein Streifenprojektionsscanner zum Einsatz. Zur Digitalisierung wurde der 3D-Scanner *ATOS II* der Firma *GOM* verwendet (Software 5.2.0-7). Das Messsystem arbeitete mit zwei Kameras und einem Streifenprojektor. Die Steuerung erfolgte dabei über ein Notebook mit Linux Betriebssystem.

Mit einem 3D-Scanner wurde die Oberfläche der Figuren abgetastet und die räumliche Struktur digital erfasst. Ein 3D-Scanner kann im Gegensatz zu zweidimensional arbeitenden Scannern auch die räumliche Tiefe eines Gegenstandes abtasten. Dabei entsteht ein realistisches dreidimensionales Abbild des Körpers.

Beim Scannen entsteht eine große Anzahl an ungeordneten Punkten im Raum, eine so genannten „Punktwolke“. Die einzelnen Punkte der Punktwolke beschreiben keine zusammenhängende Oberfläche. Daher wird die Punktmenge durch „Triangulation“ in eine Gitternetzstruktur überführt. Das entstehende dreidimensionale Gitter-Modell wird auch als Drahtgittermodell bezeichnet. Entsprechend seiner englischen Bezeichnung wird es häufig auch *Wire Frame* genannt (**Abb. 7**).

Zu Beginn der Messungen wurden Markerpunkte an der zu scannenden Figur aufgebracht. Als nächstes wurden mit einer Digitalkamera 30 bis 40 Fotos von dieser Figur angefertigt. Im Anschluss daran wurden die Digitalbilder auf den Rechner übertragen und durch eine photogrammetrische Software ausgewertet. Hierbei konnte ein räumliches Modell der Markerpunkte auf der Figur erstellt werden, welches es ermöglicht, die einzelnen Scans später am Rechner zusammzusetzen und ein gesamtes Modell zu errechnen. Als nächster Arbeitsschritt wurde der Scanner kalibriert. Dies erfolgte durch die Aufnahme und Analyse von speziellen Messkreuzen und -Linealen.

Das Scannen der Figuren wurde jeweils mit frontalen Scanaufnahmen begonnen und mit Aufnahmen von der Seite fortgesetzt. Da der Kopf einer Figur besonders wichtig für ihren Ausdruck und ihre Erscheinung ist, wurde er mit einer höheren Auflösung als der Körper gescannt.



Abb. 5: Scannen des hochrangigen Offiziers T 9:1 im Depotraum des Museums der Terrakottakrieger

Dazu wurden unterschiedliche Objektive vor der Kamera und den Projektoren des Messsystems angebracht, um die Größe des Messfeldes zu variieren. Für den Kopf wurde mit einem Messfeld von 20 x 30 cm und einer Auflösung von 1,3 Mio. Pixeln gescannt. Beim Körper erfolgte das Scannen mit einem Messfeld von 60 x 80 cm und ebenfalls 1,3 Mio. Pixeln.

Nach jedem Einzelscan wurde am Monitor überprüft, ob die gewählte Position des Scanners zu einem zufrieden stellenden Ergebnis geführt hatte und das gewünschte Detail der Figur erfasst worden war. Eventuell musste der Scanner neu ausgerichtet und der Scannvorgang wiederholt werden.

Je nach räumlicher Oberfläche der Skulpturen waren zwischen 30 und 80 Einzel-Scans erforderlich, um eine komplette Skulptur zu vermessen. War eine Figur durch die Einzelscans bestmöglich erfasst, wurden die Daten zu einem ersten Arbeitsmodell zusammengerechnet bzw. gerendert. Das endgültige Registrieren der Punkte und Rendern der Modelle wurde nachts durchgeführt, da der Rechner dabei über mehrere Stunden ausgelastet war.

Die Geometrie des Scanners hat zur Folge, dass Hinterschneidungen und tiefere Einbuchtungen nur bedingt oder gar nicht erfasst werden können. Insbesondere die Unterseiten der knienden Bogenschützen, die Kopfbedeckung des Generals, sowie die Standflächen der Figuren ließen sich nur schwer oder gar nicht vermessen (**Abb. 6**). Die dabei entstehenden Lücken in den Drahtgitter-Modellen können jedoch am Rechner korrigiert werden. Bei der Nachbearbeitung der Daten (Post Processing) konnten die fehlenden Stellen der Oberfläche weitgehend anhand der Umgebung rekonstruiert und die Fehlstellen geschlossen werden.

Die erstellten 3D-Modelle liegen alle im Stl-Format (*.stl) vor, das als gängiges Standardformat für untexturierte Drahtgittermodelle gilt. Es ist jedoch möglich, die Modelle in ein anderes Dateiformat zu konvertieren. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass beim Umrechnen keine Fehler erzeugt werden und „lesbare“ Modelle entstehen.

Für den nächsten Arbeitsschritt, die virtuelle Farbrekonstruktion, müssen die Dateien in das 3D-Bearbeitungsprogramm *3D Studio Max* importiert werden. Der Import von stl-Dateien erwies sich jedoch bisher – wahrscheinlich aufgrund der hohen Polygonzahlen der Modelle – als problematisch.

Aus den gewonnenen Daten und weiteren Untersuchungen an den Originalen sollen Texturen erzeugt werden, die dann auf die Oberfläche der 3D-Gittermodelle aufgebracht werden. Zur Oberflächengestaltung der 3D-Modelle am Computer wird das so genannte „Texture Mapping“ eingesetzt. Bei diesem Verfahren werden Digitalbild oder Oberflächeneigenschaften auf ein 3D-Objekt aufgebracht bzw. „gemappt“. Beim Aufbringen der Texturierung, also der Anpassung der Bilddatei auf das 3D-Modell, wird jedem Teilbereich des Gittermodells die entsprechende Stelle des Digitalfotos zugewiesen.

Für die Visualisierung der Krieger wurden Digitalfotos verwendet, die aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen wurden. Bei den Fotoaufnahmen war es entscheidend, die gesamte Oberfläche einer Figur zu erfassen. Auch war es wichtig für gleich bleibende Lichtverhältnisse zu sorgen, da sich sonst beim Zusammensetzen der einzelnen Bilder an den Übergängen Ränder bilden würden. Um dies zu gewährleisten und stark verschattete Bereiche zu vermeiden wurden mehrere Fotolampen eingesetzt.



Abb. 6: 3D-Modell des hochrangigen Offiziers 02747; Drahtgittermodell beigefarben belegt, blaue Flächen sind beim Scannen nicht erfasste Bereiche.

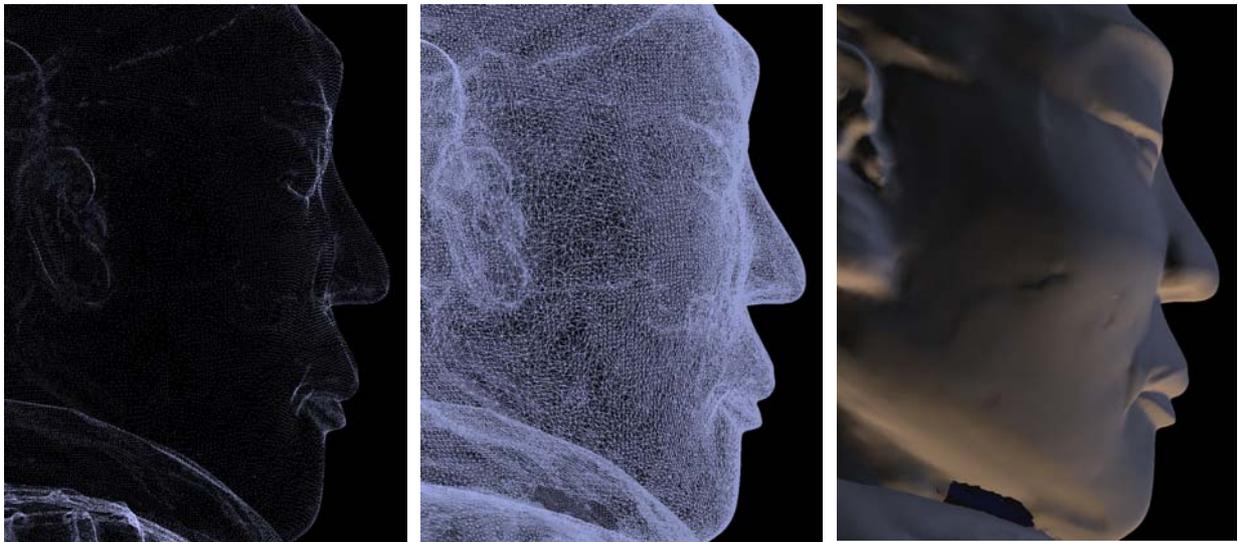


Abb. 7: Detail 3D-Modell des stehenden Terrakottakriegers T21G10-13; als Punktwolke (links), Gittermodell (mitte) und mit grauer Farbe (rechts).

Überprüfung des Festigkeitszuwachses gebrannter Kalkstein- plättchen nach der Behandlung mit verschiedenen Festigungsmitteln

Sandra Bucher

Einleitung

Die Untersuchungen zur mechanischen Festigkeit fanden an gepressten Scheiben aus gebranntem, pulverisiertem *Fuping* Kalkstein statt. Die Herstellung der Presslinge sowie die Beschaffenheit der verschiedenen Steinfestiger werden im Forschungsbericht 2003 detailliert erläutert. Im folgenden Kapitel soll die Festigungswirkung der verschiedenen Produkte verglichen und ausgewertet werden.

Ritzwiderstandsmessung

Zum qualitativen Vergleich der mechanischen Oberflächen wurden die Proben einem Ritztest unterzogen. Die Härteprüfung über die Messung des Ritzwiderstandes hat den Vorteil, dass sie auf die materialabhängige Belastungsgrenze eingestellt werden kann. So können schon geringe Festigkeitsdifferenzen zwischen den verschiedenen Prüfkörpern visualisiert werden.

Der Versuchsaufbau erfolgte nach UTZ (2004). Dazu wurde eine Metallnadel mit definierter Druckauflage, Geschwindigkeit und Laufstrecke über die Probenoberfläche gezogen. Der Spitzwinkel beträgt 53° und steht senkrecht zur Probenflanke. Die Druckauflage beläuft sich auf 3.4 N, die Zuggeschwindigkeit auf ca. 0.024 m/s.

Die Festigkeitsdifferenzen zwischen den einzelnen Proben konnten anhand der Tiefe und der Breite der Ritzung bestimmt werden (Abb. 1).

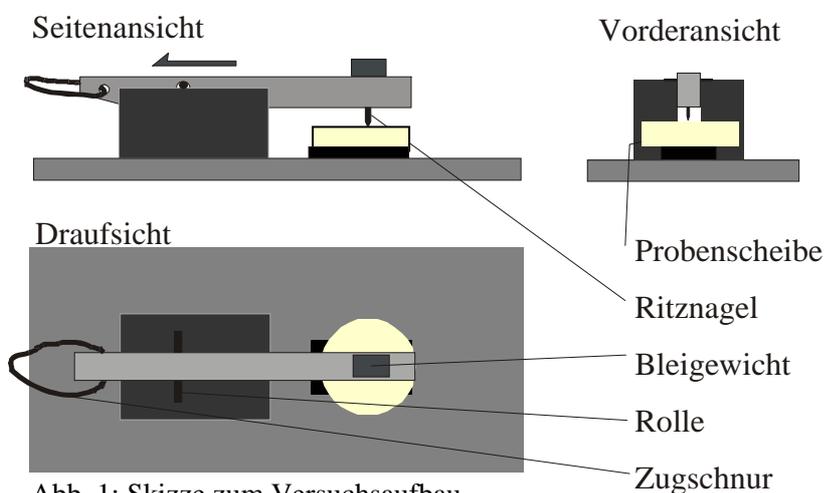


Abb. 1: Skizze zum Versuchsaufbau

Ergebnis

Die Ritzwiderstandsmessung zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Prüflingen.

Bei den mit Paraloid und Funcosil 300HV behandelten Proben drang die Spitze kaum ein, Kratzer waren nur schwach erkennbar. Die Oberflächen wirkten durch Anreicherung des Festigungsmittels versiegelt.

Während die Kratzspuren bei den restlichen Probeflächen deutlich erkennbar waren, zeigten sich bei den mit Motema Finish und Funcosil behandelten Flächen Inhomogenitäten.

Die mit Funcosil 300 E behandelten Flächen scheinen weder zu schwach noch zu stark gefestigt zu sein. An der Oberfläche war deutlich eine gleichmäßige Ritzung erkennbar, die weder tief zerfurcht noch an den Kanten ausgerissen war. Die Oberfläche machte einen sehr stabilen Eindruck.

Biaxiale Biegezugfestigkeit

Methode

Bei der Messung der biaxialen Biegezugfestigkeit wird die Belastung, bei welcher eine Gesteinsprobe bricht, festgestellt. Dabei wird die maximale Biegespannung des Materials definiert (SATTLER 1992). Die Messung zeichnet den Verlauf von Kraft und Verformung auf. Aus der Bruchkraft (F_{\max}) wird die Biegezugfestigkeit (σ_{bz}) und aus dem linearen Bereich der Belastungskurve der statische E-Modul der Biegezugfestigkeit (E_{bz}) berechnet.

$$\sigma_{bz} = \frac{3 \cdot F_{\max}}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \cdot \left[2 \cdot (1 + \nu) \cdot \ln \frac{a}{b} + \frac{(1 - \nu) \cdot (a^2 - b^2)}{a^2} \cdot \frac{a^2}{r^2} \right]$$

F_{\max} : maximale Kraft auf dem Belastungsring (N)

d: Dicke der Probenscheibe (mm)

ν : Poissonzahl (0,25)

a: Radius des Auflageringes (mm)

b: Radius des Belastungsringes (mm)

r: Radius der Gesteinsscheibe (mm)

$$E = \frac{1,5 \cdot F}{f_0 \cdot d^3} \cdot (1 - \nu^2) \cdot \left[b^2 \cdot \ln \frac{b}{a} + \frac{(a^2 - b^2) \cdot (3 + \nu)}{2 \cdot (1 + \nu)} \right]$$

F: Kraft auf dem Belastungsring (N)

f_0 Durchbiegung der Probenscheibe (mm)

- d: Dicke der Probenscheibe (mm)
 a: Radius des Auflageringes (mm)
 b: Radius des Belastungsringes (mm)
 v: Poissonzahl (0,25)

Für die Versuchsdurchführung wird die Probenscheibe auf einen Metallring gelegt und von oben mit einer kleineren Metallschneide mit konstanter Geschwindigkeit belastet (Abb. 2).

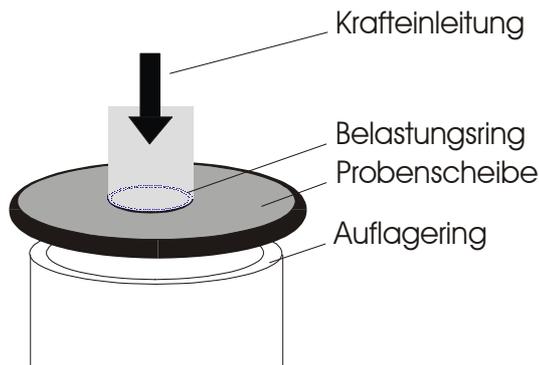


Abb.2: Prinzip der Prüfanordnung der biaxialen Biegezugfestigkeit.

Die Biegezugmessungen wurden an behandelten und unbehandelten Scheibenproben, an einer Universalprüfmaschine der Fa. Zwick (Typ: ZWICK/Z010), mit folgenden Versuchsparametern durchgeführt:

Radius Belastungsring (a):	6,5 mm
Radius Auflagering (b):	19,5 mm
Vorkraft:	5,0 N
Prüfgeschwindigkeit:	0,5 mm/min
Querdehnungszahl (v):	0,25

Die Versuche wurden jeweils an 3 Scheiben je Festigkeitsreihe durchgeführt. Die Proben wurden zuvor bis zur Gewichtskonstanz bei 40% rel.F. und 21° konditioniert. Zusätzlich wurden zum Vergleich drei ungefestigte Proben geprüft.

Da einige Proben schon vor der Messung feine Mikrorisse aufwiesen, mussten diese aus der Testreihe genommen werden.

Ergebnis

Beim Vergleich der verschiedenen Festigkeitsprofile zeigten sich deutliche Unterschiede. Der Ausgangswert der mittleren biaxialen Biegezugfestigkeit der ungefestigten Scheiben ist mit

0,95 N/mm² gering, zumal die Festigkeit eines ungebrannten, bruchfrischen *Fuping* Kalksteins bei 14 N/mm² (Messung senkrecht zur Schichtung) liegt¹. Messungen an Originalmaterial waren aufgrund der unregelmäßigen Größen und Formen der Proben nicht möglich.

Zunächst war zu erkennen, dass die mit Funcosil 300 sowie die mit elastifiziertem KSE behandelten Scheiben deutlich höhere Werte aufwiesen, als die restlichen Prüflinge.

Die Biegezugfestigkeit der mit Motema Finish X10 gefestigten Scheiben blieb im Vergleich zu unbehandelten Proben so gut wie unverändert. Der e-Modul steigerte sich um den Faktor 1,3 (130%) und liegt, ähnlich wie die mit Funcosil 300 und mit Funcosil 300 HV behandelten Scheiben, im Bereich zwischen 4,3 und 4,6 N/mm². Der e-Modul der mit elastifizierter KSE behandelten Proben erhöhte sich um den Faktor 1,05.

Die Biegezugfestigkeit von Funcosil 300 mit Haftvermittlern und Paraloid B72 lag im ähnlichen Bereich und erhöhte sich ca. um den Faktor 1,4; die Probe mit elastifizierter KSE sogar um den Faktor 4,5. Obwohl der E-Modul nicht linear ansteigt (siehe Abb. 2), konnten

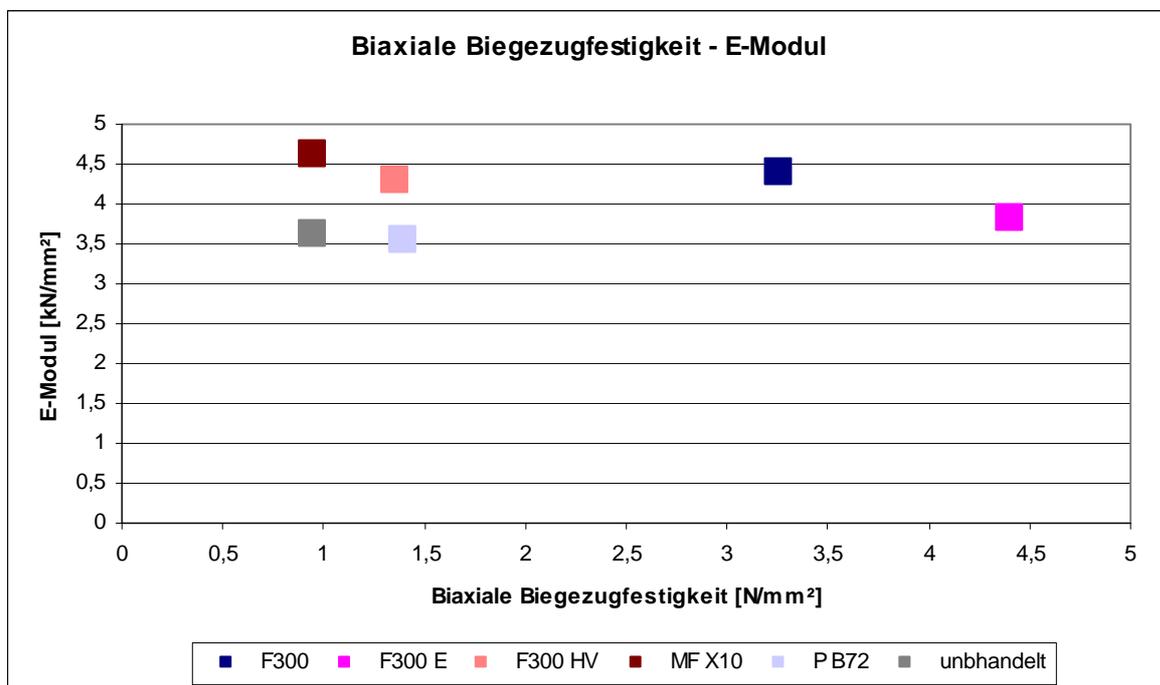


Abb. 2: Verhältnis Biegezugfestigkeit zu E-Modul der behandelten Proben

Rückschlüsse über den Grad der Festigung gezogen werden. Als Ursachedafür wurden durch den Herstellungsprozess nicht vermeidbare Inhomogenitäten innerhalb der Presslinge, sowie die z.T. oberflächliche Anlagerung von Festigungsmittel (Bildung einer Sperrschicht) angenommen.

¹ Vergl. BUCHER 2002, Forschungsbericht für die Jahre 2001 und 2002, S. 126f

Auswertung / Zusammenfassung

Als Bewertungskriterium für Steinfestigung empfehlen SASSE & SNETHLAGE (1996) und SNETHLAGE (1997) folgende Regel:

$$(\beta_{\text{(behandelt)}} - \beta_{\text{(unbehandelt)}}) / \beta_{\text{(unbehandelt)}} < 0,5$$

Das heißt, dass der Anstieg von Druck-, Zug- oder Biegefestigkeit der gefestigten Probe, im Vergleich zum unbehandelten Stein, den Faktor 1,5 nicht überschreiten soll. Da in diesem Fall keine Vergleichswerte des verwitterten Originalmaterials (gebranntes Panzerplättchen) vorliegen sondern nur von bruchfrischen Material (Tab. 1), können die Bewertungskriterien nicht angewendet werden.

Unverwittert	Biaxiale Beigezugfestigkeit (N/mm ²)	Stat. Elastizitätsmodul (kN/mm ²)
Kalkstein allg. ²	3,5 - 36	10 – 90
Halberstädter Muschelkalk ³	9,7-11,51	29,46-33,27
Fuping Kalkstein	14	37
Rosenheimer Kalkstein ⁴	20	38 – 77

Tab. 1: Festigkeitsparameter Kalkstein

Es zeigte sich, dass der Festigkeitszuwachs der mit Motema Finish, Paraloid und Funcosil 300 HV behandelten Proben zu vernachlässigen ist. Möglicherweise lag die Ursache in einer oberflächlichen Anlagerung des Festigungsmittels, wobei eine undurchlässige Sperrschicht gebildet wurde. Bei der Behandlung mit Funcosil 300 und ganz besonders mit Funcosil 300 E war der Anstieg der biaxialen Beigezugfestigkeit bemerkenswert. Die besten Ergebnisse wurden mit Funcosil 300 E erzielt, welches nun in der Praxis zum Einsatz kommen wird.

² KÖHLER, W., KREMPLE, M. C., 1997

³ GRIMM C., 2001, 23

⁴ NIKLAS B., 2000, 43

Literaturverzeichnis

Bucher, Sandra (2003): Conservation and restoration of the Stone armors, In: Work report of the years 2001 and 2002 for the Project: „Testing and optimising of Conservation Technologies for the Preservation of Cultural Heritage of the Shaanxi Province, PR China“ – Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege -, Munich

Grimm, Corina (2001): Kalksteinkonservierung - Vergleichende Untersuchungen ausgewählter Festigungsmittel zur Festigung des Halberstädter Muschelkalkes, Diplomarbeit FH Potsdam

Köhler, W; Kremper, M. C. (1997): Kalkstein und Marmor. Zwei ungleiche Brüder? Tagungsband, 4. Fachtagung Natursteinsanierung, Bern

Niklas, Bettina (2000): Problematik der Schalenhinterfüllung am Rosenheimer Kalkstein, einem ostbayerischen Lithothamnienkalk, Diplomarbeit FH Potsdam

Sasse, H.R., Snethlage, R. (1996): Methods for the Evaluation of Stone Conservation Treatments. In: N.S. Bear, Snethlage, R. (Editor), Dahlem Workshop on saving our architectural heritage: The conservation of historic stone structures. John Wiley & Sons, Berlin, pp. 223-243

Sattler L. (1992): Untersuchungen zur Wirkung und Dauerhaftigkeit von Sandsteinfestigung mit Kieselsäureester. Forschungsbericht 1992/9 Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege –Zentrallabor, 9. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege.

Snethlage, R. (1997): Leitfaden Steinkonservierung

Utz, R. (2004): Stabilisierung von Lösslehmoberflächen in archäologischen Grabungen am Beispiel der Terrakottaarmee des Qin Shihuangdi, Dissertation LMU München

Excavation of stone armours using Cyclododecane – improved method

Working Report 2004

June, 14th till 31st

Sandra Bucher

Introduction

This work was focused on improving the excavation method used in 2002. The major issue was the weight of a whole stone armour. Therefore - before the application in situ - a stone armour copy was used for testing and very good results were achieved.

Together with the Archaeological Institute and the Museum of the Terracotta Warriors the decision was made, to use the improved method this time for lifting originals. Therefore two pieces were chosen: a) part of body armour (fig. 1) and b) complete set of armour (fig. 2). During the field campaign both objects were documented and a part of body armour (fig. 1) was lifted successfully. The whole armour is planned to be lifted during the next working stay in 2005.



Fig.: 1



Fig.: 2

Used Materials

- Laser pen
- Polyurethane (PU) foam
- Cyclododecane
- Heptane
- Brushes
- Cotton
- Heating plate
- Metal grid
- Tubes / plastic grid
- Heat gun
- Ethanol (sprit)

Documentation

The documentation of the objects was done by using photos and drawings. For 1:1 drawings a laser pen was used (fig. 3 and 4). Every single plate was numbered using paper labels glued with Tylose 3% in water (hydroxyl methyl cellulose, water soluble). These labels can be easily removed with water after the excavation. The numbers were written on the labels with pencil (fig. 5).

Application of Cyclododecane

1. **Moistening the object and the earthen underground with pure ethanol.** The alcohol allows the separation between the stone plates and the sticky earth during the excavation (fig. 6). Moistening with water did not show any effect, the stone plates could not be removed from the loess.
2. **Careful drying of the object with a heat gun.** The surface must be completely dry before the application of Cyclododecane (CCD) to guarantee firm adhesion to the stone (fig. 7). The loess underground should stay humid.

3. **Application of Cyclododecane on the whole object.** CCD is mixed with heptane (9:1) and must therefore be heated up to 80°C (fig. 8). It must be considered that the mixture has to be hot enough and application with brushes must be carried out quickly. Two layers of thin strings of cotton fabric are applied (fig. 9 to 11).
4. **Installation of a drainage system.** To accelerate the removal of CCD after the excavation a drainage system consisting of plastic tubes is fixed on the fabric layer (fig. 12). Later the tubes have to be removed leaving a canal system for the solvent to penetrate.
5. **Final covering of the object** with a dense linen fabric covered with CCD. It must be considered that the film has to be absolutely dense. Therefore several applications of CCD should be done (fig. 13 to 15).
6. **Time of drying** should be considered. For a complete evaporation of the heptane waiting time for at least 24h before going on should be maintained (fig. 16).
7. **Application of support made of PU** (polyurethane) foam. The edges should be enclosed by a simple frame construction (made out of wood or cardboard). To increase the stability of the support a wooden grid was embedded in the foam (fig. 17 to 19). Handles should be attached before the foam is hard.
8. **The whole “package” is then lifted** from the earth and turned upside down (fig. 20 to 23). Every single piece of the stone armour should adhere to the Cyclododecane mounting (fig. 24).
9. **Cleaning.** The back side of the “package” is now facing upwards. The surface is cleaned using water, brushes and spatulas (fig. 25-26). Every stone plate is numbered with white ink (fig. 27-29). Now the plastic tubes should be removed (fig. 30).

-
10. **Support.** In order to turn the object again a temporary support made of gypsum (or PU-foam) has to be prepared. In both cases the mould should be stabilised by a grid like construction e.g. made of metal or wood. The armour has to be covered with a plastic foil and a frame of cardboard has to be placed around it before the plaster is poured into the cast (fig 31-32).
 11. **Bath in heptane.** The whole “package” is put into a bath with heptane. The plaster support is at the bottom and the PU-foam is facing upwards. Through the drainage system the solvent is able to penetrate the whole lamination formed by Cyclododecane (fig. 33).
 12. **Waiting time.** To guarantee the complete dissolving and separation of the CCD layers, enough time must be considered (in this case 12 h). Otherwise there is a high risk to endanger the success of the method (fig. 34).
 13. **Removal of the cotton layers.** After the Cyclododecane is completely dissolved, the cotton strips are easily removable from the surface. No residues are left.
 14. The object is taken out of the bath of solvent (fig. 35).
 15. The complete excavated object is lying in its original position mounted on top of the support and can be cleaned (fig 36).

Results

During the working stay in Lintong 2004, an improved method for lifting the stone armours with Cyclododecane was tested. We achieved very convincing results excavating an original fragment.

After the testing we decided to lift a complete armour with the developed method. This should be carried out during the next field campaign 2005. Therefore an armour was selected and the documentation using photos and 1:1 drawings (with laser pen) was made.

Cyclododecane proved successful for the excavation - and probably not only in the case of the stone armours.



Fig. 3 and 4



Fig.: 5



Fig.: 6



Fig.: 7



Fig.: 8



Fig.: 9



Fig.: 10



Fig.: 11



Fig.: 12



Fig.: 13



Fig.: 14



Fig.: 15



Fig.: 16



Fig.: 17



Fig.: 18



Fig.: 19



Fig.: 20



Fig.: 21



Fig.: 22



Fig.: 23



Fig.: 24



Fig.: 25



Fig.: 26



Fig.: 27



Fig.: 28



Fig.: 29



Fig.: 30



Fig.: 31



Fig.: 32



Fig.: 35



Fig.: 36

Ageing test for polymer products applied for conservation

Working Report Munich 04

Li Hua, Wang Wei-feng

1. Why are we doing ageing test? And the ageing theory

In order to understand ageing principle, master ageing essence, acquaint ageing method. We do this experiment.

At first, we read some articles about ageing and ageing principle, we get some impression that ageing property on one hand depends on the material itself. Including: a. chemical composition of material, b. additives as softeners, fillers, stabilizers, biocides, anti-oxidation agents and uv-filters. On another hand, it can be promoted by environment factors, such as light, heat, humidity, and contact to reactive substances. And checking of ageing afterwards can be done by observing the ageing phenomena caused by ageing process as: color change, change of PH, gloss change, mechanical changes, weight change, shrinkage, formation of blisters, change of solubility and change of stickiness.

2. How to make sample

From the ageing promoting factors, we know there are several kind of factors to accelerate ageing process, because of limited time, we only do thermal ageing test and choose 18 kinds of polymers products.

film NO.	Trade name	Produce r/ Seller	Composition	Tg	Remarks of produce on film properties
1	Luhydram 7034 G 2002				
2	Basis LDM 7416 I				
3	Acronal S 600 2002	BASF		ca.17°C	
4	Acronal A 508 2002	BASF			
5	Primal AC 33	Kremer 75200	EA+MMA+EM A		Transparent, stable at high temperatures and UV, harden fast
6	Primal AC 33 new 2003	Kremer 75202	Acrylpolymer	65-100?	Stable at UV-light and alkali, not yellowing; no polymerization boiling point 100°C
7	PU dispersion bought march	Kremer 76800			Boiling point 100°C

	2002, open Oct. 2003				
8	Collacral LR 8954 2003				
9	Plextol B 500 2003	Röhm	Copolymer: EA+MA	9°C	transparent, slightly sticky
10	Plextol D 498 2003	Röhm	Copolymer: BA+MMA	13°C	transparent, not sticky, not yellowing
11	Plextol D 541 vor 1993	Röhm	Copolymer: MA ester + acrylic acid ester		transparent, colourless, medium hart, not sticky, good ageing stability
12	Plextol D 360 2003	Röhm	Copolymer: BA+MMA	-8°C	transparent, sticky, elastic boiling point 50°C
13	Primal AC 35 2003	Röhm	Polyvinylacryla t		good weather fastness
14	Acronal 500 D	BASF		-13 °C	transparent, very soft, slightly sticky, good ageing properties and light fastness
15	Medium for Consolidation bought June 2004	Lascaux 4176			
16	Plexigum P 28 in white spirit (Siedeg- renzbenzin) (petrol 100-140 °C)		i-BMA		brittle, transparent, stable at high temperatures löst sich nicht vollständig auf, setzt sich ab,
17	Mowilith SDM 5	Kermer	Vinylacetat + acrylic acid ester		
18	Mowilith CM-F72170				

Then we use these products to make samples on glass slides (28 Oct.), then give every sample a number, one kind for 5 slides, this 5 slides divided into 3 group, with a oil pen to write down the number, three group with three different color, on the back .with a clean plastic bar to dip into the solution bottle, then take out to brush the solution on the slide, every sample with a new bar.

11,10sample dry enough, weigh the samples with KERN PRS(MAX620g,d=0.001g),and discript the sample by eye, then take photos for the sample, make it into slides

11,15put it into the oven, turn the temperature to 70°C, because the Tg of most

materials is below 10°C, only No.6 is from 65 to 105°C, and we accelerate the ageing process, also need to avoid some material in extreme condition, i.e. burnt, so we select 70°C as ageing temperature. Ten minutes later, we check the sample to ensure sample in a durable condition, not in extreme condition, then write down the result checking, one hour later, examine the sample again, because we begin the test just now, we need to be clear about whether the temperature fit the test, the samples, then write down the result, leave them to age.

22, Nov, weigh the sample, observe all the samples to compare the ageing ones and natural ones about their properties (color, gloss, structure, stickiness), about their color, gloss, structure we check it by eye, to the stickiness we touch it with figure to feel. Under the microscope we use a steel nail to scratch the sample on the up right-hand corner, to check the elasticity and hardness, we divide elasticity and hardness to 5 grades to describe the ageing ones and natural ones.

Elastic	A little elastic	middle	A little brittle	Brittle
1	2	3	4	5
Soft	A little soft	middle	A little hard	Hard
1	2	3	4	5

Film NO.	Trade name	Grade of soft/hard	Grade of soft/hard after ageing	Grade of elastic/brittle	Grade of elastic/brittle after ageing
1	Luhdran 7034 G 2002	3	3	3	3
2	Basis LDM 7416 I	4	4	4	4
3	Acronal S 600 2002	4	4	4	4
4	Acronal A 508 2002	2	2	2	2
5	Primal AC 33	4	2	3	2
6	Primal AC 33 new 2003	3	3	3	3
7	PU dispersion bought march 2002, open Oct. 2003	5	5+	5	5
8	Collacral LR 8954 2003	4	5	4	5
9	Plextol B 500 2003	3	2	3	2
10	Plextol D 498 2003	4	3	4	3

11	Plextol D 541 vor 1993	5	5+	5	5+
12	Plextol D 360 2003	1	1	1	1
13	Primal AC 35 2003	3	3	3	3
14	Acronal 500 D	1	2	1	2
15	Medium for Consolidation bought June 2004	1	1+	1	1+
16	Plexigum P 28 in White spirit (petrol 100-140)	5	5+	5	5+
17	Mowilith SDM 5	2	2+	2	2+
18	Mowilith CM-F72170	4	4+	2	2+

29th, Nov, we check the sample again, with same method as before.

The polymer properties have changed after thermal ageing. The purpose of colour measurement in the present study was to place the materials in a broad hierarchy of stability.

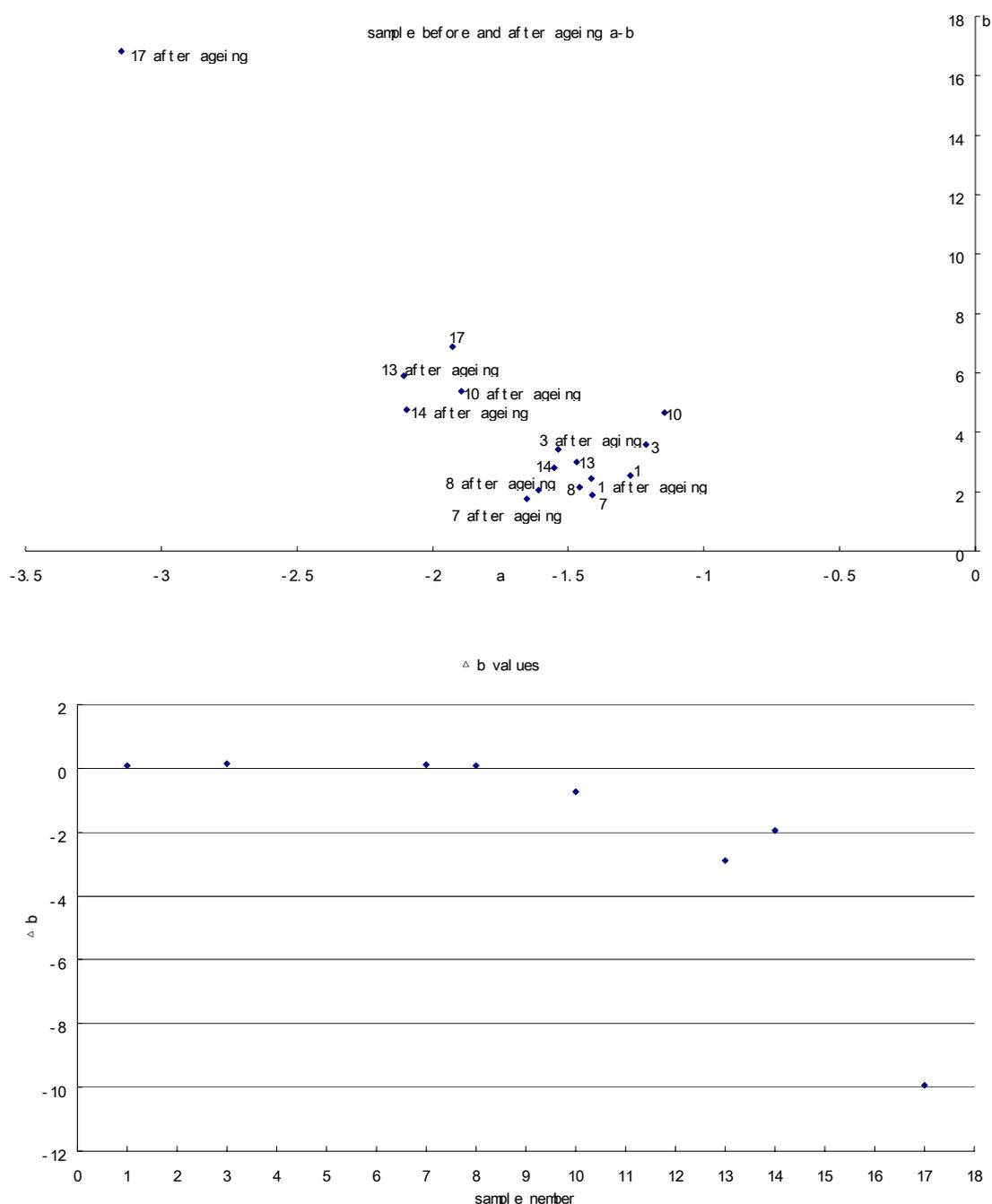
In order to accurate measurement and reduce the support disturbance. We measure eleven different qualities of materials. At last, according to the result of the measurement, we chose a kind of grey metal board as the support. The relative reflection rate of support has got a litter change from 400nm to 700nm. Color measurements were made on the thick form sample, before and after ageing, using a Minolta CM-508D Chromameter. Color specified according to the C.L.E.L*a*b* system. Three reading were taken from each sample and averaged. As most colour shift of sample were towards yellow, so we adopted Δb values rather than ΔE values as a symbol of color change.

For example: eight sample mean values are given in the Table

Table colour change in polymer dispersions film on ageing

Sample NO.	BEFORE AFEING			AFTER AGEING			Δb
	L	a	B	L	a	b	
1	78.052533	-1.2694	2.5448333	78.72237	-1.4138	2.4452	0.099633
3	77.1457	-1.21353	3.581333	78.41643	-1.53633	3.422633	0.1587
7	79.73853	-1.41263	1.883667	80.56377	-1.65353	1.759167	0.1245
8	79.57813	-1.4574	2.148333	80.46617	-1.6088	2.065233	0.0831
10	73.0951	-1.14387	4.662433	75.18807	-1.89537	5.390767	-0.72833
13	75.6317	-1.46997	3.009167	77.5388	-2.10483	5.896933	-2.88777
14	78.2397	-1.55097	2.808433	79.02053	-2.09463	4.7705	-1.96207
17	76.44613	-1.92793	6.884633	74.964	-3.14573	16.83327	-9.94863

Fig sample before and after ageing chromaticity diagram



3. Discussion

From the experiment above, we can realize that by heating process, not all polymer products go toward same tendency, some become more soft and elastic(No.5), others get hard and brittle (7,11,15,16,17,18) , still others don't change in mechanism, there are also big difference in change extent, for example, the color, No.17 has become even orange, No.1, No.16 almost don't change, No.2, No.3, No.5, No.7, No.8, No.11, No.15, No.18 a little yellow, and No.4,No.6,No.9,No.10,No.12,No.13,No.14 more yellow, so does stickiness, some are more sticky (No.4,No.12) after age, others are nearly not sticky(No.1,No.2,No.7,No.8,No.10,No.17) at all, to weight all the sample reduce their weight, the only difference is some change a lot, some change a little. In

sum, No.17 change yellow, gloss, hard, brittle, No.9 yellow, soft, elastic, gloss, No.4 yellow, sticky, so it will be up to what we need. If we use the sample to stick material only in cracks, batches, there will be less requirement for the sample in its color, its gloss, its appearance, only require this sample with good mechanical properties, but this shouldn't be too strong over that of the material itself, for example, we can't use epoxy to stick wood, if we do this the material will be destroyed instead of sticking. On the contrary, when we use this sample as consolidant to consolidate the fragile object on the surface, we firstly require the sample wouldn't affect the appearance of the object, the sample should be transparent, no high reflectivity, not too sticky which will absorb dust, so the yellow ones(No.17), and gloss ones(No.5) , sticky ones shouldn't be selected. That means above all we must clearly know what we need, what we most need. Of course, in reality it is difficult for us to find an ideal sample, but we should try to find a sample which is fit for our requirements, if possible, we require it can be deal with again later, maybe several years later we find a better sample or a better way, so we can consolidate the object again.

4 notes

all the check should be done in same situation., we must ensure every time measurement should be done in same condition, for example, when we take picture, do color measurement should with same light, same machine, and we do mechanic property measurement, we should do it in same humidity, same temperature, under same microscope, with same method to do this, we shouldn't measure it one time with steel nail by figure, another time with machine. Otherwise the result is no meaning, not scientific can't be used as foundation, basis of judging and inferring.

Summary on study preventive conservation

Working Report Munich 04

Wang Dongfeng

During one week of study and visit, we have studied and discussed preventive conservation. Three experts showed us different knowledge and messages. It is useful to conserve for all kinds of cultural relics. The courses split three parts. In the following, a detailed review is given.

1. Planning and execution of scientific studies.

It is necessary that we make a scientific planning and execution for our work. And it is important that we should set up a logical work program. The simple course of planning actions like this: phase 1: target definition → phase 2: preparation/planning(developing methods, selecting and testing tools and instruments) → phase 3: empiric research(running the measurement) → phase 4: analytical evaluation(working out and verifying the results).

2. The relation of restoration, conservation and risk assessment in preventive conservation.

A wrong assessment of fundamental and less relevant parts in a crossfire of influences, it can be very expensive and put the cultural heritage at risk. Therefore a well planned procedure is essential to prevent errors and mistakes to meet the demands of the standards of preventive conservation. Preventive conservation is everything that prevents damage and loss of cultural heritage in museum, collections, archives and historical buildings. We need carry out four main tasks in preventive conservation including:(1)basic research (2)cause studies (3)risk assessment (4)risk monitoring. These tasks have to be fulfilled with the help of every assistant and employee who deals with the objects of cultural heritage. All of these need statistical tools for a fast and secure data analysis.

3. The deterioration factors of museum artifacts including humidity, temperature, light, air pollution, and pest. And humidity, temperature and air pollution were recommended as important.

(1) Humidity. It is very important of humidity and influence of temperature. There are certain relative between humidity and temperature that need understand and grasp. We can regulate advisable relative humidity for different cultural heritage in light of Relative humidity stability zones that the range of relative humidity was suggested by consideration of various factors.

(2) Light. The spectrum of radiation from museum light sources can be divided into three regions, by wavelength: UV, VIS and IR. In the museum we must handle all three regions as deterioration factors. The visible needed for the Visitors, and the

invisible like UV as high energy source, and IR as a heat source. In reducing damage by light the strategy is to reduce both illumination and time of exposure. So the dosage light related to hours, is the product of the strength of illumination and the time of illumination.

(3) Air pollution. Air pollution is a very bad problem in a lot of city as Xi'an city. It is harm to cultural heritage. It branches tow parts:

A: particulates pollution. It make up of total carbon, ash, SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , etc.

B: gaseous pollution. It makes up of the Sulphur Dioxide (SO_2), Ozone (O_3), Nitrogen Oxides (mainly NO_2), Chlorides, etc.

4. Discussion.

A canonical work program is necessary for preventive conservation. It deals with deferent departments and conditions in museum. We must actualize the work program for preventive conservation in depot for cultural relics, exhibition and transport.

Study on the indoor air quality for the terracotta warriors museum

Bo Rong¹, Puquan Xu², Desheng Lan¹, Liang Wang¹, Chunyan Wang¹

1.Emperor Qin's Terra-cotta Museum, Xi'an, China, 710600

2.Rae Systems Limited Company, Xi'an, China, 710065

1. Introduction

Xian is a famous old capital with 13 dynasties in China history and abundant cultural heritages can be found in this old city with 3000 years, which have made it as a most popular tourist destination in China. The well-known Terra-cotta Museum (34°44'N, 109°49'E) is located east of Xi'an, covering a total area of 20 hectares. The discovery of Emperor Qin's Terra-cotta Warriors and Horses in 1974 was one of the most important archaeological discoveries in 20 centuries. It has been named as "the eighth Wonder of the world", and included in the World Heritage List by UNESCO in 1987. However, the Terra-cotta Warriors and Horses have not received effective environmental protections since they were exposed on air in 1974. These relics have suffered the negative impact of large variations of temperature and relative humidity for 30 years due to its natural ventilation conditions in the exhibition halls. High gaseous and particulate pollution in Xi'an atmosphere (Zhang et al., 2002; Cao et al., 2004) may accelerate the aging of warriors and horses.

The quality of indoor air in museums received more attentions over recent decades (Nazaroff et al., 1990; Oddy 1994; DeBock et al., 1996). Researches on indoor-outdoor air pollution in museums have been reviewed by Baer and Banks (1985) and Brimblecombe (1990). A European multidisciplinary research project concerning museum atmosphere has been conducted in four museums, i.e., Correr Museum, Venice (Italy); Kunsthistorisches Museum, Vienna (Austria); Royal Museum of Fine Arts, Antwerp (Belgium); Sainsbury Centre for Visual Arts, Norwich (UK) (Brimblecombe et al., 1999; Camuffo et al., 1999, 2001; Gysels et al., 2002). However, there is almost no study on air quality inside museums even large quantities of culture heritages in China. This study will aim to conduct a preliminary investigation of aerosol pollution in Emperor Qin's Terra-cotta Museum, Xi'an on the 30 anniversaries of Terra-cotta warriors and horses. It's critical that the environments in the museum and restoration areas are constantly monitored and well maintained in order to preserve as much as possible the excavated terracotta soldiers in their original shapes and looks. In this paper, we present a monitoring methodology, the analysis of the current indoor air quality of Pit No.1, and some proposals of maintaining a good air condition in the museum.

2. The Data Monitoring System

We selected the restoration area as collecting samples site (Fig 1), aerosol samples were obtained at 1.0 m above ground level (Fig 2).

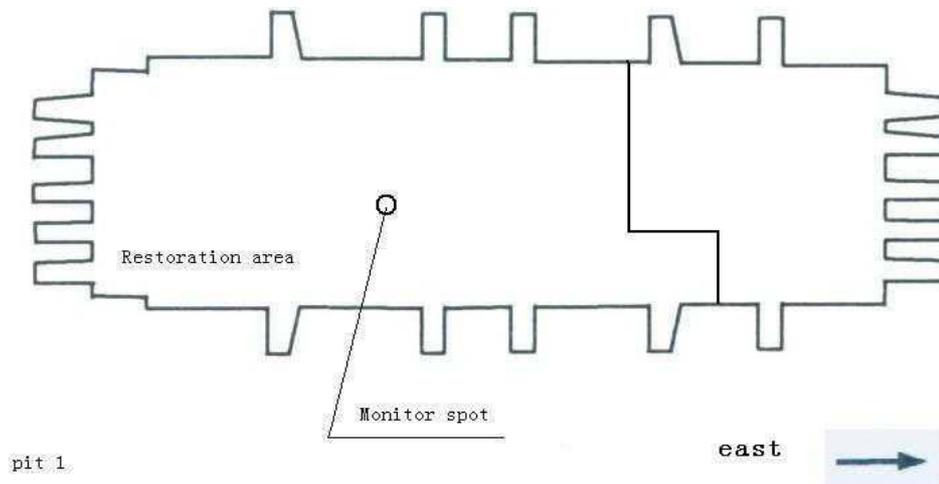


Figure 1. Sampling map



Figure 2. Sampling instruments inside Pit No.1 in the museum

Monitored Data Types:

The following data types are chosen for our study:

- Temperature
- Relative Humidity (RH)
- Toxic Gases (NO, NO₂, CO₂, H₂S, SO₂)
- LEL (Lower Explosive Limit)
- O₂
- VOC (Volatile Organic Compound)

Data Monitoring Instruments and Network:

The instruments we used to collect the data are two Gas Detectors and the Accessories from Rae Systems Inc. They are:

- One *IAQRAE* (PGM-5210) located at a specified spot in Pit No.1. It is equipped with 5 sensors of Temperature, RH, NO₂, CO₂ and VOC.
- One *AreaRAE* (PGM-5020) located at a specified spot in Pit No.1. It is equipped with 5 sensors of NO, H₂S, SO₂, LEL and O₂.
- A PC running the *ProRAE Remote* Software and the *ProRAE Suite* Software and located in the central office. ProRAE Remote is used for real-time wireless sensing/ monitoring. ProRAE Suite is used for periodic data downloading.
- RF Modems (*PurpleTooth* made by REnex Technology Ltd.), which are the wireless transceivers/receivers for the wireless networking.

Data Collecting Procedures:

There are two approaches to collect the data as follows:

- *Real-Time Wireless Sensor Networking.* With this approach, the two detectors in Pit No.1 send each detected data, via the wireless RF modems, to the PC in the control office. Upon receiving the data, the ProRAE Remote software in the PC is responsible of displaying, analyzing/alarming, saving, and printing.
- *Periodic Data Downloading.* With this approach, each of the two detectors in Pit No.1 continuously takes data samples in a pre-selected interval, and logs all these data in its internal memory. After a period of time, say a few days or weeks, the data log can be downloaded to the PC using the ProRAE Suite software.

3. Collected Data Presentations

We've collected numerous data in the past 6 months with the monitoring system described in previous section. Normally, the concentrations of various pollutants in the site reach or near to their maximum points in the summer or in the winter. Considering there are more tourists in summer that can make big impact to the indoor air quality, we chose the data collected during the week of Aug.6-11 and present them in below Figures 3 to 10. (The data sampling interval is 5 second).

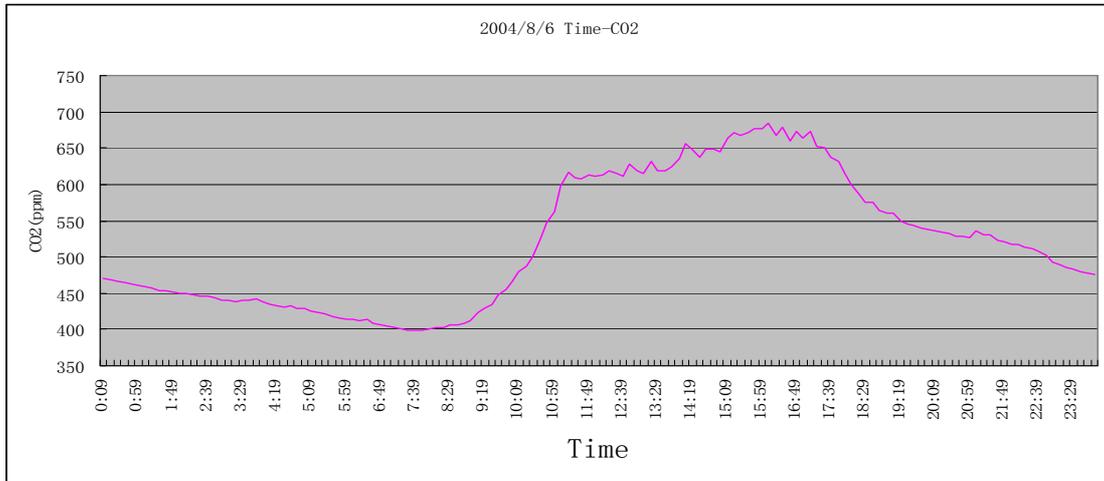


Figure 6. Data graph of CO₂ in the Reparation Area (Aug.6, 2004)

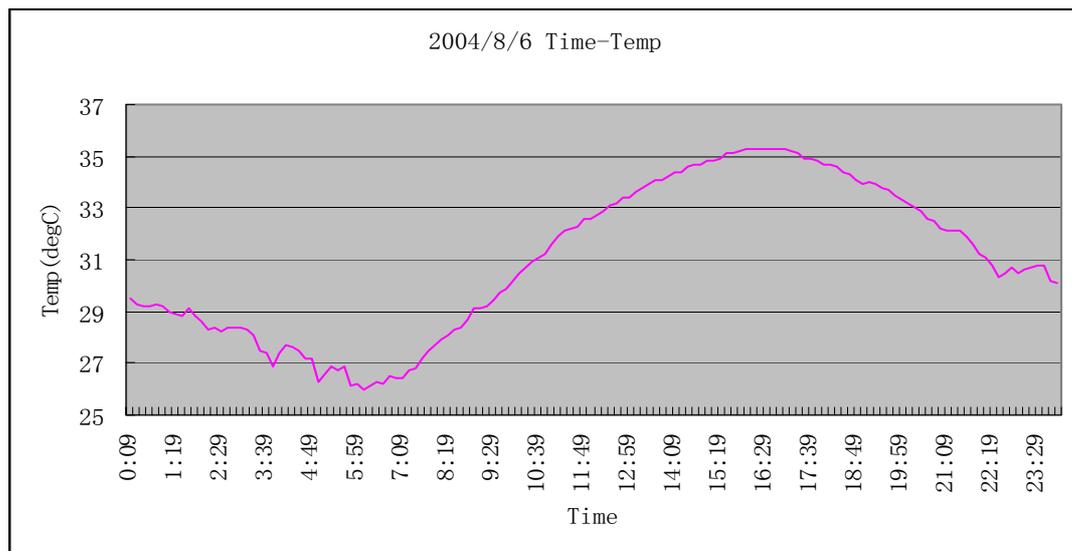


Figure 7. Data graph of Temperature in the Reparation Area (Aug.6, 2004)

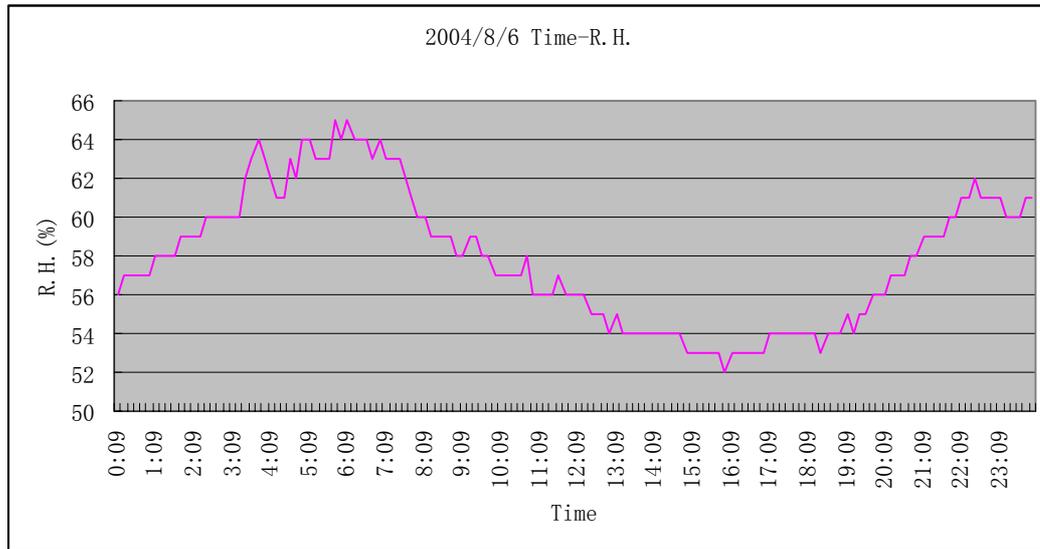


Figure 8. Data graph of RH in the Reparation Area (Aug.6, 2004)

4. Observations and Conclusions

(1) Based on the study of the numerous data collected during the past months for Pit No.1, we've observed the following facts:

- *NO₂ has a stable reading in the range of 0.7-0.8 ppm.*
- *H₂S reading keeps staying below 0.1 ppm. (To verify the accuracy, we used another type of detector - a Gas Probing-Pen on Aug.9 and its reading was 0.15 ppm).*
- *LEL reading stays almost always at 0 - below the low limit of 0.1 ppm.*
- *VOC and SO₂ readings also stay below the low limit of 0.1 ppm.*
- *O₂ reading stays constantly at 20.9.*

In general, the experiment results imply that the Indoor Air Quality of Pit No. 1 is at a good level now. This complies with the experiment results we did using other testing instruments (Testo Instrument Company). On the other hand, it's worth to continuously pay close attention to monitoring the indoor air quality since the sulfide-oxygen compounds can cause serious damage to the bronze ware and painting.

(2) Considering the poor and simple construction of Pit No.1 and the lack of control of temperature and humidity, the daily difference in temperature and humidity can be significant. For example, the difference in temperature of Aug. 6 was 8.4 °C and the difference in RH was 11%. Imagine all the weather changes in four seasons (cold in winter, hot in summer, high RH during rain and snow, and low RH during sunny days, etc...). It accelerates the aging and degradation of the reparation materials. Therefore, it is indispensable to consistently monitor the indoor air condition and take maintenance actions when needed.

(3) It has also brought our attention to the impact of the pollutants from the tourist flow and the transportation vehicles to the indoor air quality. Our study indicates that in summer, the CO₂ concentration between 11:00AM and 15:00PM (the peak hours of tourists) is about 800 ppm on average, which is as twice, or more as the concentration in the morning. The changes of temperature and RH follow the similar pattern. It's also noticed that NO_x and SO_x emitted from the cars during the peak hours are much higher than the Museum closing hours.

(4) Geographically, Pit No.1 is located at the north foot of the LiShan Mountain. The northwest wind brings here a variety of pollutants, including SO₂, from the nearby factories, residential communities and cars. Apparently, it can degrade the air condition in the museum.

(5) Indoor air, especially SO_x effected greatly the restoration material and the chemicals adhesive, it can potentially cause problems to the painting layers and integrity of the excavation objects. It is very important to study further on this subject.

(6) Aerosol samples were collected during an intensive campaign in August 2004 both inside and outside the Emperor Qin's Terra-cotta Museum. The size-separated number concentrations of indoor aerosols ranging from 0.3 to 7.0 μm were increased largely with tourist in the museum. The concentrations of PM_{2.5}, TSP and size-differentiated samples, as well as the chemical compositions, were determined. Average indoor PM_{2.5} and TSP levels were 108.4 and 172.4 μg m⁻³, respectively, with PM_{2.5} constituting 62.9% of the TSP mass. Sulfate, organics, and geological material were found to be the most dominants in indoor PM_{2.5}, accounting for 32.4 ± 6.2%, 27.7 ± 8.0% and 12.5 ± 3.4%, respectively. Elemental carbon, ammonium and nitrate constituted 3.9 ± 1.5%, 8.9 ± 2.8%, and 7.0 ± 2.9%, respectively, of indoor PM_{2.5}. High portions of sulfate, organics, elemental carbon, nitrate, and ammonium were found in the small sizes between 0.43-3.3 μm. Ion balance calculations of sulfate, nitrate and ammonium implied that ammonium ions are present in non-sufficient levels to account for the neutralization of sulfuric and nitric acids, resulting in the acidic nature of indoor aerosols. High concentrations of acidic aerosols will erode the Terra-cotta warriors and horses especially under high temperature (30°C) and relative humidity (70%) with undesired solar radiation inside the museum during summer season. It should be attracted more attentions to protect the work of arts with more than 2000 years old.

5. Control the Plan of Indoor Air Quality

According to the observations presented in the previous section, the following action plan is proposed in order to maintain the good indoor air quality:

(1) Maintain a good ventilation system inside the museum to keep a stable indoor air condition. This is a simple and efficient approach that can result in big improvement in the air quality.

(2) Without distracting much to tourists' attentions, we may put in some flowers and plants to absorb the toxic pollutants in the air such as CO₂, SO₂ and Benzene. If necessary, we can also apply some cleansing devices to reduce the air pollution.

(3) Considering the characteristics of the excavation, the active carbon can be used as the absorbing material. On the surface of the active carbon material, some catalyst can decompose the absorbed pollutants. Upon saturation, the absorbing material can be replaced with a new one.

(4) The negative-ion generator can also be used to reduce the toxic pollutants.

6. The Future Research Plan

The purpose of all the previously mentioned work is to create a proper environment to protect the excavations from being weathering or damaged. Further researches need to be made including follows:

(1) Extend the monitoring system to cover the excavating field, excavation storeroom, exhibition room/cabinet and the major construction site in the museum. Consistent longtime monitoring records need to be preserved in a centralized database.

(2) Based on the statistics from the longtime monitoring and consulted with the environmental experts, petrologists, hydrologists, meteorologists, etc..., we may someday make a standard for the Indoor Air Quality in the Terracotta Warriors Museum and establish an alarming system for better monitoring the air quality.

(3) Following the changes of the ordinary environmental elements, we can continuously improve our monitoring and protecting methodologies. These methodologies can then be further introduced to other excavation museums/sites.

Acknowledgements

We would like to acknowledge with thanks the contributions to this study of Dr. Cao Junji, *Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, China.*

ZWISCHENBERICHT FÜR DEN ZEITRAUM: 01.01.04 BIS 31.12.04

Förderkennzeichen: 01GWS017

Abgabetermin: 30. 04. 2005

Vorhaben:

Erprobung und Optimierung von Konservierungstechnologien für Kunst- und Kulturgüter der Provinz Shaanxi / VR China

Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ereignisse und anderer für das Vorhaben wesentlicher Ereignisse (z.B. personelle Veränderungen)

1. Personelle Veränderungen

Dipl. Restaurator Felix Horn hat zum 01.01.2004 seine Arbeit im Projekt begonnen. Er beschäftigt sich mit virtuellen Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee und der Entwicklung und Ausführung von virtuellen Objekt- und Panoramavideos.

2. Arbeitsaufenthalte2.1. März - Besprechung über die Fortführung der Arbeiten

a) Vom 8. – 19. März besuchen Herr Snethlage, Frau Bucher, Herr Horn und Herr Chen (Übersetzung) das Museum der Terrakottaarmee und das Archäologische Institut in Xi'an für Besprechungen über die Fortführung der Arbeiten. Beide Institutionen geben ihr Einverständnis zur Bergung eines kompletten Steinpanzers.

Zur Dokumentation der Farbigkeit von Terrakottafiguren wurden Digitalfotos von noch erhaltenen Farbfassungsresten erzeugt. Für die Erstellung von Quicktime Panorama- und Objektvideos wurden in der Grube Nr. 1 und im Depot des Terrakottamuseums Digitalbilder eines Kriegers und einer Gans angefertigt.

2.2. April - Besuch einer deutschen Delegation in China

Im April 2004 besucht eine deutsche Delegation in Vorbereitung der Ausstellung 2006 Xi'an. Die Delegation wird von Herrn Daim geleitet und den Mitarbeitern des Römisch-Germanischen Zentralmuseums organisiert. Frau Henriette Pleiger aus der Bundeskunsthalle, Herr Koob aus der Universität Darmstadt und Frau Blänsdorf nehmen ebenfalls teil. Ziel ist die Erstellung einer ersten Leihliste, die zumindest alle wichtigen Objekte enthält und Diskussionen mit der chinesischen Seite über organisatorische Fragen sowie Informationsaustausch.

2.3. Juni - Fassungskonservierung, Klimakontrolle und Bergung eines Steinpanzerfragmentes

Vom 1. bis 27. Juni verbringen Frau Bathelt, Frau Bucher und Frau Blänsdorf einen Arbeitsaufenthalt im Museum der Terrakottaarmee. Schwerpunkt der Arbeiten von Frau Bathelt und Frau Blänsdorf sind die Kontrolle der zuvor gefestigten Fragmente mit Farbfassung in Hinblick auf die Beurteilung der Verfahren. Für die Zeit vom 15. bis 21. Juni ist auch Herr Prof. Langhals in Lintong anwesend. Für die Fragmente, welche noch nicht klimatisiert aufbewahrt werden, kann der Zustand auch als Langzeitstudie zur Reaktion auf starke klimatische Schwankungen interpretiert werden. Die neuen Werkstatträume besitzen zwar ein Belüftungssystem, das extreme Schwankungen abfangen und vor allem die Austrocknung im Winter vermeiden kann, durch offene Türen und Fenster ist eine gewisse Anpassung an das Außenklima aber vor allem im Sommer gegeben.

Die chinesischen Kollegen, unter Leitung von Rong Bo, messen mittlerweile an verschiedenen Orten innerhalb des Museums und des Laborgebäudes kontinuierlich Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Auch wenn das Auswertungssystem und die Wartung noch gewisse Probleme aufzeigen, können Klimadaten über mehrere Monate ausgewertet und verglichen werden.

An den insgesamt acht knienden Bogenschützen mit konservierter Farbfassung wird die Dokumentation der erhaltenen Farbigkeit begonnen. Begleitend dazu werden von ausgewählten Bereichen Pigmentbestimmungen durchgeführt. Fragmente von Farbfassungen, die sich in der Erde erhalten haben und im Depot eingelagert sind, können zu weiteren Untersuchungen herangezogen werden. Die farbig gefassten Bogenschützen werden in Hinblick auf den Transport nach Deutschland begutachtet. Die Anfertigung von Kopien für eine originalgetreue Rekonstruktion der Farbfassung wird diskutiert.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt ist die Zusammenstellung von Informationen über Gräber und Paläste der Qin-Dynastie und dem Qin-Königreich in Hinblick auf die Ausstellung 2006. Die in verschiedenen Museen ausgestellten und die im Terrakottadepot in Lintong eingelagerten Stücke werden beurteilt und zusammengestellt. Da keine Kataloge der Lokalmuseen bestehen und deren Depots nicht zugänglich sind, ist es jedoch schwer abzuschätzen, welche Funde wirklich vorhanden und interessant sind.

Frau Bucher beginnt zusammen mit einem Team aus Arbeitern des Archäologischen Instituts und des Terrakottaarmee-Museums mit der Bergung eines Steinpanzers. Dazu wird ein kompletter Panzer aufwendig dokumentiert und ein Fragmente mit Hilfe einer optimierten Methode mittels Cyclododecan erfolgreich geborgen und restauriert.

Bei einem Besuch einer Delegation des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung am 23. Juni werden die Arbeiten und die neuen Labore vorgestellt.

Herr Holtz vom ZDF Beijing filmt einen Tag lang (11. Juni) die Arbeiten in den Werkstätten für eine Dokumentation über deutsche Projekte in China.

2.4. Juni /Juli - Teilnahme an Fachtagung in Dunhuang

Vom 28. 6. bis 3.7. nehmen Frau Bathelt, Frau Bucher und Frau Blänsdorf an der Tagung „Conservation of Ancient Sites on the Silk Road“ in Dunhuang teil. Von chinesischer Seite sind Herr Xia Yin, Herr Zhou Tie, Herr Zhang Zhijun, Herr Ma Tao und Frau Yang Mangmang (vom Arch. Institut) anwesend. Die Tagung wird vom Getty Conservation Institute im Zusammenhang mit der Dunhuang Academy organisiert. Der Schwerpunkt dieser zweiten Dunhuang-Tagung liegt auf der Konservierung von Erdstrukturen. Frau Bathelt stellt die Festigung der Farbfassung der Terrakottaarmee vor. Herr Zhou Tie berichtet ebenfalls über die Fassungsproblematik in Lintong. Herr Zhang Zhijun präsentiert die Schwierigkeiten bei der Konservierung der Erdstege und die verschiedenen Lösungen, die seit 1980 entwickelt wurden. Frau Bucher stellt die Bergung der Kalksteinpanzer mit Cyclododecan vor. Frau Blänsdorf berichtet über die Arbeiten an den Lehmplastiken des Shuilu'an, die in Zusammenarbeit mit dem Technischen Zentrum für Konservierung durchgeführt worden sind.

Das fünftägige Vortragsprogramm mit ca. 15 Vorträgen pro Tag ist in mehrere Schwerpunkte gegliedert: Internationale Zusammenarbeit, Historische Dokumentationen, Prinzipien der Denkmalpflege, Site Management, moderne Dokumentationsverfahren, Historische Techniken und Materialien, Konservierungsverfahren sowie Fallstudien. Die Problematiken von Mogao und insbesondere der als Muster ausgesuchten Höhle 85 werden ausführlich vorgestellt. Unter jedem Schwerpunkt sind Vorträge, die in Hinblick auf das Projekt interessant sind. Der Austausch mit zahlreichen Wissenschaftlern und Restauratoren, die in China, an chinesischen Objekten oder in Kooperationsprojekten arbeiten, ist überaus anregend.

2.5. Juli – Besuch von Luo Wenli und zwei Mitarbeitern in München

2.6. Sept./Okt. - Untersuchungen zur Farbigkeit der Krieger und Konservierung der Farbfassung in der Grube und Erstellung von 3-D-Scans und Panoramen

Vom 5. 9. bis 25. 10. ist Frau Blänsdorf in Lintong mit dem Schwerpunkt, die Untersuchungen zu Farbmitteln und zur Farbigkeit fortzuführen, die im Sommer nicht abgeschlossen werden konnten. Dies bedeutet umfassendere Untersuchungen an Fragmenten der Farbe in der Erde, die Fertigstellung der farbigen Dokumentation aller acht knienden Bogenschützen sowie vier weiterer Figuren, Pigmentuntersuchungen und die Auswertung der im Museum zugänglichen Informationen. Allerdings sind Fotos, Zeichnungen oder Beschreibungen über die in den Grabungsberichten der 1980er Jahre publizierten Angaben hinaus nur in minimalem Umfang erhältlich.

Ab Oktober kommt als neue Aufgabe die Konservierung mehrerer Figuren in der Grube 2, T21G18 und 19 hinzu. Die bereits weitgehend freigelegten Figuren wurden zu Photozwecken oberflächlich weiter freigelegt. Eine komplette Figur wurde umgedreht. Die dabei ans Licht gekommene, noch erhaltene Farbfassung sollte konserviert werden.

Ab 1. Oktober sind einige Funde aus Lintong in einer Ausstellung über das Kulturerbe Chinas im China Millennium Monument (*shijitan*) ausgestellt, darunter die Figur mit dem grünen Gesicht (Grube 2, T21G18, Fig. 1), ein Steinpanzer und eine der bronzenen Gänse. Die heikle Frage des Transports der Krieger mit Farbfassung haben die Chinesen gelöst. Die Ausstellung, die verschiedenste Aspekte des Umgangs mit historischem Kulturerbe, von Denkmalschutzgesetzen, über Stadtplanung, Archäologie, Projektarbeit, Forschung an und Konservierung von Kulturgütern sowie ausgewählte Objekte zeigt, ist sehr interessant, auch wenn fremdsprachige Texte komplett fehlen.

Herr Horn, vom 20. 9. bis 23. 10. in Lintong, erzeugt zusammen mit chinesischen Kollegen an unterschiedlichen Stellen in Grube Nr. 1 Digitalfotos für die Erstellung von Panoramavideos. Für die Rekonstruktion der Farbigkeit von Terrakottakriegern werden digitale Fotos von erhaltenen Fragmenten der Farbfassung angefertigt. Zusammen mit Herrn Heinz vom Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz werden vier Terrakottafiguren mit Hilfe eines 3D-Scanners digitalisiert.

2.6. Okt. bis Dez. - Aufenthalt der chinesischen Kollegen vom Museum der Terrakottaarmee in München

Die Schwerpunkte des Arbeitsaufenthalts der chinesischen Kollegen, Herr Xia Yin, Herr Wang Dongfeng, Frau Li Hua und Herr Wang Weifeng im Jahr 2004 waren Einführungen in die Themen: künstliche Alterung von Polymerfilmen, präventive Konservierung und Transportfragen. Frau Li Hua und Herr Xia Yin interessierten sich

weiterhin für Metalluntersuchungen an Anschliffen. Schwerpunkt für Herr Xia Yin waren die Untersuchungen und Bestimmungen von Pigmenten von der Terrakottaarmee und Objekten der Qin- und Han-Dynastie.

Ziel der Arbeiten im Bereich künstliche Alterung war, Möglichkeiten der Durchführung und Auswertung sowie Grenzen und Schwierigkeiten aufzuzeigen. Dafür wurden nach theoretischen Einführungen 17 verschiedene Festigungsmittel in dünnen und dicken Filmen auf Glasträger aufgestrichen. Die künstliche Alterung wurde durch Erwärmung auf 70 °C für 189, 336 und 528 Stunden im Trockenschrank simuliert. Veränderungen in Farbe und Sprödigkeit wurden mit dem Colorimeter und mit Ritztests erfasst.

Bezüglich der Steinpanzer wurden eine Testreihe verschiedener Festigungsmittel anhand von Ultraschall- und Biegezugfestigkeitsmessungen ausgewertet.

Ein einwöchiger Workshop beschäftigt sich mit präventiver Konservierung. Geladene Dozenten waren Mitarbeiter der Firma Krahn und Grote Messtechnik, Hofolding. Die Seminarinhalte beschäftigten sich mit Grundlagen der Präventiven Konservierung wie Licht-, Schadstoff- und Klimakontrolle in Museen und historischen Gebäuden, sowie der praktischen Durchführung von verschiedenen Messtechniken.

Ein Besuch in Berlin stand ebenfalls unter dem Aspekt präventive Konservierung und ihre praktische Anwendung. Besucht wurden das Pergamonmuseum, Museum für Ostasiatische Kunst Dahlem, die Ägyptische Sammlung sowie die Ausstellungseröffnung „Zeit der Morgenröte“, Japans Archäologie und Geschichte bis zu den ersten Kaisern. Zudem zeigten die Kunsttransportfirmen Hasenkamp und Belaj Fine Art Service Einblick in Verpackungsmaterialien und Transportsicherung musealer Objekte.

Herr Xia Yin konnte einen Tag pro Woche an der Übung zur Pigmentbestimmung in der TU München (Dozentin Cristina Thieme) teilnehmen und so seine Kenntnisse zur Bestimmung von Pigmenten mittels Polarisationsmikroskopie vertiefen und eine Referenzsammlung europäischer Malerpigmente anlegen.

Die Untersuchungen an weiteren Proben der Terrakottaarmee bestätigten im Wesentlichen die bekannte Palette. Als interessant erwiesen sich Vergleiche mit Proben einer hanzeitlichen Wandmalerei. Die Erfassung der verwendeten Pigmente und der Malschichtaufbauten soll jetzt systematisch aufgebaut werden. Von allen Proben soll dafür (soweit möglich) ein doppelter Probensatz hergestellt werden, von denen einer in München und einer in Lintong verwahrt werden soll. So stehen für alle Fragen jeweils Proben zur Verfügung. Für diesen Zweck waren in Lintong bereits die ersten Proben ausgesucht worden, die als Anschliffe und Streupräparate eingebettet wurden.

3. Arbeiten zu kunsthistorischen und kunsttechnologischen Fragestellungen

In Vorbereitung der geplanten Rekonstruktion von Terrakottafiguren in ihrem ursprünglichen Aussehen für die Ausstellung 2006 in Bonn wurde auch an der Frage der Bewaffnung der Krieger gearbeitet. Zudem wurden Abdrücke von Holzstücken und Bambusschäften an Fragmenten der Terrakottafiguren gefunden, die die Frage aufwarfen, woher diese Abdrücke stammen und was die Figuren ursprünglich in den Händen hielten. Als erster der verschiedenen Figurentypen wurden die knienden Bogenschützen näher betrachtet.

Rund um die knienden Krieger wurden sehr viele Pfeile gefunden, was die Figuren als Bogenschützen ausweist. Die dazugehörigen Bögen scheinen bisher jedoch nicht gefunden worden zu sein. Bislang wurden in der Terrakottaarmee nur Armbrüste und keine Langbögen gefunden.

Anhand von in Grube 1 gefundenen Resten konnte im Museum der Terrakotta-Figuren eine Armbrust vom Typ *nu* rekonstruiert werden. Demnach bestand die Waffe aus einem Reflexbogen und einem hölzernen Schaft. Der Bogen war aus Holz bzw. Bambus hergestellt, mit Lederriemen umwickelt und mit einem Lacküberzug versehen. Die Rekonstruktion hat eine Bogenlänge/Spannweite von ca. 1,4 m und eine Länge des Schaftes von ca. 0,70 m. War der Abzug in früherer Zeit vermutlich noch aus Holz gefertigt, so finden sich in der Zhou-Periode bereits Abzüge aus Bronze. In der Qin-Zeit bestand die Abzugseinrichtung aus Bronze. Sie besaß einen Arretiermechanismus, d. h. die gespannte Sehne konnte eingehängt werden und durch Druck auf den Abzughebels ausgelöst werden. Über ein am Abzug befindliches Visier (*wangshan* oder *gui*) konnte in Verbindung mit der Pfeilspitze das Ziel angepeilt werden.

Die Pfeilspitze setzt sich aus der eigentlichen Spitze (chinesisch *zu*) und einem in diese Spitze eingesetzten Stift (*ting*) zusammen. Der separat gegossene Stift besaß meist runden Querschnitt und war in den Sockel der Pfeilspitze wie in einer Tülle eingelassen. Die Spitze setzt sich aus drei gleichseitigen Dreiecksfeldern zusammen. Der Pfeilschaft bestand überwiegend aus Bambus oder Holz. Vermutlich war die Pfeilbefiederung um 180 Grad versetzt am Pfeilende angebracht. Die Pfeilspitzen waren überwiegend aus Bronze, einzelne auch aus Eisen, gefertigt und zeugen ebenso wie der Abzugsmechanismus von der hoch entwickelten Gusstechnik zur damaligen Zeit.

Die an den Terrakottafragmenten anhaftenden Abdrücke von Pfeilen, z.T. noch mit Holzfasern, scheinen für Bambus zu sprechen. Drei der gefundenen Pfeilschäfte wiesen noch den Überzug mit transparentem (=dunkelbraunem) Qi-Lack auf, ein weiterer Pfeil im Fragment B-0026 besaß offensichtlich einen rot lackierten Pfeilschaft und eine schwarze Umwicklung unterhalb der Pfeilspitze.

Noch unklar ist, wie die Armbrüste und die Pfeile an den Figuren der knienden Bogenschützen befestigt waren. Die Löcher unterhalb des rechten Armes, z.T. auch Kratzer in der Terrakotta am rechten Oberschenkel und der oft nachträglich abgefeilte linke Daumen der Krieger sprechen dafür, dass sie etwas in der Hand hielten, das

unflexibel war und durch beide Hände bis unter den rechten Arm eingesteckt wurde. Eine Armbrust können die Krieger allerdings so nicht halten. In keinem Fall waren die Krieger also in kampfbereiter Position. Diese Annahme scheint auch zu belegen, dass alle in Grube 1 gefundenen Abdrücke von Armbrüsten in Gewebe verpackt, also verhüllt und nicht kampfbereit waren. Wie die Armbrüste mit 140 cm Spannweite an den nur 120 cm hohen Figuren angebracht waren, ist momentan noch nicht zu klären.

Pfeile waren vielleicht in umgehängten Köchertaschen eingesteckt. Ringe auf dem Rücken, wie in der Grube 1 oft zu beobachten, fehlen jedoch bei den Bogenschützen der Grube 2. Verstreut gefundene Pfeile und Abdrücke innerhalb der Handflächen könnten auch dafür sprechen, dass sie Bündel von Pfeilen in der Hand hielten. Zwei der untersuchten Krieger aus Grube 2, T21G18, besitzen 2 bzw. 4 Bohrungen am Kragenansatz, die vielleicht für eine Befestigung einer Köchertasche gedient haben könnten.

Die an stehenden Figuren der Grube 1 oft zu beobachtenden, meist ovalen oder schlitzförmigen Löcher zwischen linkem Arm und Körper sind ebenfalls bisher nicht in Zusammenhang mit den Waffen gebracht worden, haben vermutlich aber dazu gedient, vielleicht für Langwaffen wie Schwerter (ein Rechtshänder zieht das Schwert unter dem linken Arm heraus). Der stehende Wagenlenker des Bronzewagens No. 1 trägt das Schwert mit einem Extragurt umgeschallt, so dass es auf dem Rücken hängt. Samt Schwertscheide reicht es ihm fast bis zu den Knöcheln. Diese Position ist hier sinnvoll, um zu vermeiden, dass das Schwert ihn behindert oder der Knauf in die Zügel gerät. Diese Figur ist mit den Soldaten der Terrakottaarmee jedoch nur bedingt zu vergleichen. Die Studien werden noch fortgesetzt.

4. Untersuchung zur Farbigkeit der Terrakottafiguren und Bestimmung ausgewählter Pigmente

Auf den Figuren erhaltene Reste der Farbfassung und 26 Fragmente der Farbigkeit in der Erde wurden in den beiden Arbeitsaufenthalten in Lintong untersucht. Das Ziel war dabei, einen möglichst breiten Überblick über vorhandene Farbtöne und einen Zusammenhang mit den dafür verwendeten Pigmenten zu gewinnen. Es zeigte sich, dass es eine insgesamt eingrenzte Zahl von Farben gibt, die immer wieder auftauchen. Zahlreiche Nuancen zeigen nur die Blaupartien, Rotbraun- bis Rosatöne sowie helle, gebrochen weiße Farbtöne. So scheint es lediglich ein helleres und ein dunkleres Grün zu geben, jedoch mindestens vier Varianten von Hellblau. Wieweit diese von der Qualität der Pigmente bzw. Aufarbeitung der Mineralien abhängen und wieweit hier gezielte Mischungen zugrunde liegen, ist noch nicht klar. Weiterhin zeigte sich, dass wohl in einem stärkeren Maße als bisher angenommen Erdfarben verwendet wurden: Die hellen, cremeweißen, gelblichen oder grünlichen Töne bestehen im Wesentlichen aus Tonerden leicht unterschiedlicher Schattierung; ockerfarbene und braune Töne sind in Mustern und Begrenzungslinien eingesetzt. Rotbraune Farbtöne, die sehr häufig in den Gewändern auftauchen, enthalten rotes oder braunes Eisenoxid, gemischt mit Zinnober.

Farbkombinationen wurden ebenfalls untersucht. Häufig zeigen sich, z.B. an zweiteiligen Schienbeinschutz- oder Kragenpartien, an Jacken zu Ärmelumschlägen oder Hosen, kräftige Gegensätze wie schwarz-rot, grün-violett, grün-blau, weiß-rot, rosa-blau, aber ein System zeichnet sich noch nicht ab. Alle neun knienden Bogenschützen, die in T21G18 der Grube 2, die einen Teil einer Formation darstellen, sind unterschiedlich, auch wenn vier mit brauner oder schwarzer Jacke und zwei mit grüner vorkommen.

Sechs der insgesamt ca. 160 Fragmente von Abdrücken in der Erde zeigen Reste von Dekorationen mit Mustern. Nach dem Ausgrabungsbericht gehören diese zu wohl drei Typen von Figuren: Offiziere mittleren Ranges mit schürzenartigem Panzer (meist Wagenoffiziere), Offiziere mit gewickeltem Panzer mit geradem Abschluss (Minderheitenoffizier) und den Generälen mit Schuppenpanzer. Es können insgesamt 4 verschiedene Muster identifiziert werden. Ein schwarz- und ein weißgrundiges Bandornament treten bei den Offizieren auf (bei den Minderheitenoffizieren nur das weißgrundige, bei den Wagenoffizieren beide Muster kombiniert: das schwarzgrundige am Hals, das weißgrundige um den Panzer laufend und beide als Bänder zusammengesetzt auf dem Rücken). Die Generäle haben ein schwarzgrundiges Muster auf Brust und Rücken, die Panzer sind Bändern mit Rautenmustern auf rotbraunem Grund eingefasst. Alle Muster imitieren eindeutig gewebte Stoffe.

Zur Zeit wird versucht, Muster und Farbflächen in einem größeren Zusammenhang (z.B. ein Oberkörper) zu rekonstruieren, wobei jedoch noch erforderliche Informationen fehlen.

Die Erfassung der Farbigkeit und Muster dient auch als Vorbereitung für die Rekonstruktion der Farbfassung auf Kopien von drei ausgewählten Kriegern.

Untersuchungen an dem einzigen Fragment einer leuchtend gelben Farbschicht aus Lintong belegten jetzt eindeutig, dass es sich bei dem gelben Pigment um Vanadinit handelt. Dazu wurden Anschliffe, Streupräparate und sehr kleine lose Partikel mittels Raman-Spektroskopie und Mikro-RFA untersucht. Diese Untersuchungen wurden in Mainz an der Universität Mainz (Mineralogisches Institut, Raman) und dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum (Mikro-RFA) von Dr. Susanne Greiff durchgeführt.

Die Untersuchungen ergaben auch, dass in Proben leuchtend gelber und orangefarbener Schichten einer hanzeitlichen Wandmalerei (Stadtgebiet Xi'an, undatiert) dasselbe Vanadinit vorlag. Dort wurde auch eine ungewöhnlich feinteilige und eher amorphe Form des chinesischen Violetts (Han Purple) nachgewiesen (evtl. nur Fritte?). Die Untersuchungen zeigten auch, dass Raman-Spektroskopie an als Streupräparate eingebetteten Proben möglich ist, wenn die Partikel eine charakteristische Fluoreszenz besitzen, die von derjenigen des Deckglases und des Gießharzes nicht komplett überdeckt wird. An den Anschliffen störte das in die porösen

Schichten eingedrungene Gießharz in diesem Fall erheblich.

Vanadinit ist ein ungewöhnliches und seltenes Material, das bislang als Pigment nur einmal nachgewiesen wurde. Auf einer griechischen Stele aus Alexandria (4.-1.Jh.v. Chr., heute Louvre) wurde es identifiziert, hier jedoch als rotes, nicht als gelbes Pigment. Es ist vorstellbar, dass das gelbe, orange, rote oder rotbraune Mineral, das in sehr strahlenden Farben vorkommen kann, in Bleimienen gefunden und gelegentlich verwendet wurde. Weitere Nachweise fehlen bisher.

5. Konservierung einzelner Figuren in-situ in der Grube 2

Am 24. 9. wurde in der Grube 2, T21G18 eine der wenigen noch verbliebenen knienden Bogenschützen umgedreht. Die Figur lag mit der Vorderseite nach unten auf dem Boden, der Kopf ist abgebrochen. Der Rücken war bereits 1977 in einer Probegrabung freigelegt worden und ist nach dem Bau der Halle 1994 wieder freigelegt worden. Beim Umdrehen wurde deutlich, dass der Kopf sich unter dem Körper befand und dass die noch von Erde bedeckten Partien noch komplett mit Farbe bedeckt waren. Beim Umdrehen blieb schon ein erheblicher Teil der Farbe in der Erde, vor allem die dicke Farbfassung von Schienbeinschutz und Hose, aber auch das Inkarnat des Gesichtes, das in einer dünnen, stark zerbrochenen Erdschicht hängen geblieben ist (der Kopf lag mit dem Gesicht nach unten auf nur noch einer dünnen Schicht Erde; beim Umdrehen wurde der Kopf mitgedreht, so dass die Farbfassung des Gesichts von Ohr bis Ohr auf der Erde abgerollt war).

In der Zeit bis zum 15. 10 wurde versucht, die Farbfassung partiell zu reinigen und zu festigen. Auch im Nachbargang G19, in dem sich kniende Bogenschützen und ungepanzerte, stehende Krieger (keine stehenden Bogenschützen) befinden. In diesem Gang sind die Figuren noch in situ, weitgehend ausgegraben, mit nur einer dünnen Schicht Erde auf der Oberfläche. Überwiegend ist dadurch die Farbfassung ausgetrocknet und nicht mehr zu konservieren. Der Kopf eines knienden Kriegers war bereits mit PU imprägniert, wodurch die Lackgrundierung jedoch nicht stabilisiert worden ist. Anhaftende Erde ist dadurch nicht mehr zu entfernen. Noch mit Erde bedeckte Bereiche haben aber z.T. halb ausgetrocknete Farbschichten, die noch konserviert werden können.

Für alle Bereiche (Figur und Kopf in G18, Beine eines Kriegers, Unterteil des Gewands des darüber liegenden Kriegers, Kopf, Brust und Knie des knienden Bogenschützen, Daumen eines weiteren Kriegers) wurde PEG 200 und als Klebemittel PU verwendet, da in allen Fällen bereits PU-Dispersion eingebracht worden war.

Es wurde versucht, das Klebemittel erst nach der Behandlung mit 60 % PEG 200 zuzugeben, was möglich, aber nicht ideal ist, da sich die Dispersion schlechter mit dem höher konzentrierten PEG 200 mischt.

Die Festigung konnte nicht abgeschlossen werden, die Abnahme der Erde ist sehr schwierig und zeitaufwändig, so dass die Konservierung noch nicht abgeschlossen ist. Zusätzlich entstanden Problem mit Schimmelbefall in der Grube, der mit 70 % Ethanol nur reduziert werden konnte.

6. Untersuchungsschwerpunkt Farbfassungskonservierung

Die Versuche im Jahre 2004 konzentrierten sich auf die Optimierung des verwendeten Festigers für die Konservierung mittels der Elektronenstrahlmethode. In vorgehenden Versuchen konnte gezeigt werden, dass die Konservierung durch Einbringen von Monomeren und deren anschließende Vernetzung durch Bestrahlung mit beschleunigten Elektronen erzielt werden kann. In den bisherigen Versuchen wurde eine Formulierung von 2-Hydroxyethylmethacrylat verwendet, welches mit 15 Vol.% Polyethylenglycol-dimethacrylat-550 versetzt war. Eine Nachbehandlung im Anschluss an die Bestrahlung fand nicht statt. Behandelte Fragmente zeigten eine gute Festigung, allerdings konnten Monate nach der Behandlung Risse im Lack und Flecken auf der Oberfläche der Fragmente festgestellt werden. Die Risse treten auf durch eine Versprödung des durch die Bestrahlung gebildeten Polymers. Die Flecken wurden mittels IR-Spektroskopie als Acrylate identifiziert. Es ist literaturbekannt, dass Dimethacrylate durch Metallionen-Katalyse bereits bei Raumtemperatur polymerisieren. Für diesen Vorgang ist nur eine geringe Aktivierungsenergie notwendig. Es wurde daher die Formulierung verändert. Verschiedene Dimethacrylate wurden in unterschiedlichen Konzentrationen mit 2-Hydroxyethylmethacrylat versetzt und mittels beschleunigter Elektronen (1 MeV, 4 mA, 60 kGy) in niedrigen Petrischalen polymerisiert. Die gebildeten, unlöslichen Polymere wurden anschließend durch Extraktion von unumgesetztem Monomer getrennt. Es stellte sich hierbei heraus, dass der Anteil von gebildetem, unlöslichem Polymer unabhängig vom Quervernetzer ist und mit dem Anteil an Quervernetzer linear steigt. Für eine Festigung von Qi-Lack auf Terrakotta erwies sich eine Mindestkonzentration von 8 Vol.% als notwendig; als Quervernetzer wurde Ethylenglycoldimethacrylat gewählt, da dieser einen höheren Dampfdruck aufweist als andere Mögliche und somit eher aus dem Fragment verdunstet.

Nach der Bestrahlung hat sich das Eluieren von überschüssigem Festiger mit Wasserkompressen als effektiv erwiesen.

Untersuchung an gefestigten und ungefestigten Lackproben mittels Kryo-REM

Ergänzend zu früheren Untersuchungen dieser Art wurden Aufnahmen an einem Querbruch einer isolierten Lackscholle mittels Kryo-REM durch H. Juling am MPA Bremen durchgeführt. Diese Aufnahmen zeigten den zweischichtigen Aufbau der Lackschicht. Es konnte die Austrocknung des Lacks nachgestellt werden und eine Schrumpfung seines Volumens um 15 % senkrecht und um 10 % parallel zur Oberfläche dokumentiert werden.

Die dabei auftretenden Risse werden deutlich in radialer Ausrichtung von den Poren ausgehend.

Bei gefestigten Proben konnte im oberen, von den Elektronen durchdrungenen Bereich der Terrakotta die erfolgreiche Auskleidung der Poren mit Festiger belegt werden. Die auf dem Testmaterial aufgebrachte, isolierte Scholle konnte auf der Terrakotta durch die Bestrahlung fixiert werden. Im Kryo-REM wird allerdings deutlich, dass der Bereich zwischen Lack und Terrakotta mit Festiger aufgefüllt ist. Der Lack besitzt eine andere Oberfläche als die Terrakotta, wodurch eine Fixierung erschwert wird.

Bei den Untersuchungen wurde auch deutlich, dass für den vernetzten Festiger eine gewisse Feuchtigkeit entscheidend ist. Nimmt diese zu stark ab, so kommt es auch beim Festiger zu Schrumpfungerscheinungen.

Untersuchungen mittels Durchlicht- und Fluoreszenzmikroskopie an gefestigter Probe

Es wurden Dünnschliffe einer mit Monomeren getränkten und anschließend mit beschleunigten Elektronen bestrahlten Terrakottaprobe angefertigt und mittels Durchlicht- und Fluoreszenzmikroskopie untersucht. Es zeigen sich hier deutlich drei unterschiedliche Bereiche: ein sehr kleiner Bereich mit vernetztem Polymer direkt unter der oberen Grenzfläche, dem folgt ein breiter zweiter Bereich, in dem noch ungehärtetes oder oligomerisiertes Monomer vorliegt und ein ähnlich breiter Bereich zuletzt, in dem kein Monomer oder Polymer auffällt. Es bleibt daher festzuhalten: beschleunigte Elektronen dringen bei den gegebenen Einstellungen (1 MeV, 4 mA, 60 kGy) nur bis zu ca. 0,7 mm in die Terrakotta ein. Darunter verbleibt ungehärtetes bzw. oligomerisiertes Monomer. Im der Strahlung abgewandten Bereich kann das Monomer zu einem gewissen Teil verdunsten. Eine Festigung ist somit möglich, es muss aber überschüssiges Material entfernt werden.

7 Virtuellen Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee und der Entwicklung und Ausführung von virtuellen Objekt- und Panoramavideos.

Die Erzeugung und Bearbeitung von „virtuellen Welten“ teilt sich in zwei Schwerpunkte auf: erstens die virtuell hergestellten räumlichen Rekonstruktionen der Farbigkeit von Figuren der Terrakottaarme (= 3D) und zweitens die Erzeugung von Panorama- und Objektvideos (= 2D).

3D-Scann

Das Scannen der Figuren des Grabmales des ersten chinesischen Kaiser erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Guido Heinz vom Römisch-Germanischen Zentralmuseum Mainz.

Für die Digitalisierung der Figuren in 3D-Modelle wurde ein 3D-Scanner (ATOS II, Fa. GOM) verwendet. Die Steuerung erfolgte über ein Notebook.

Zu erst wurden Markerpunkte an der Figur an der zu scannenden Figur aufgebracht. Als nächstes wurden mit einer speziellen Digitalkamera 30 bis 40 Fotos von der mit den Markerpunkten versehenen Figur angefertigt. Im Anschluss daran wurden diese Digitalbilder auf den Rechner übertragen und durch eine photogrammetrische Software ausgewertet. Hierbei konnte ein räumliches Modell der Markerpunkte auf der Figur erstellt werden, welches es ermöglicht, die einzelnen Scans später am Rechner zusammensetzen zu können. Als nächster Arbeitsschritt wurde der Scanner kalibriert. Dies erfolgte durch die Aufnahme und Analyse von speziellen Messkreuzen und -Linealen.

Nun konnte mit dem Scannen begonnen werden. Nach jedem Einzel-Scann wurde am Monitor überprüft, ob die gewählte Position des Scanners auch zu einem zufrieden stellenden Ergebnis geführt hatte. Eventuell musste der Scanner neu ausgerichtet und der Scannvorgang wiederholt werden.

Die Geometrie des Scanners hat zur Folge, dass tief liegende Einbuchtungen und Hinterschneidungen nur bedingt oder gar nicht erfasst werden können. Die dabei entstehenden Lücken im räumlichen Modell lassen sich aber bei der Nachbearbeitung am Rechner schließen.

Je nach räumlicher Oberfläche der Figuren waren zwischen 30 und 60 Einzel-Scans erforderlich. War eine Figur durch die einzelnen Scans bestmöglich erfasst, wurden die Daten zu einem ersten Arbeitsmodell gerendert (= verrechnet). Das endgültige Rendern erfolgte meist erst nachts, da der Rechner dadurch für mehrere Stunden blockiert war.

Gescannt wurden insgesamt vier Figuren: zwei kniende Bogenschützen, ein General und ein stehender Krieger. Als nächstes ist geplant, noch vorhandene Lücken oder kleine Fehler in der Oberfläche des 3D-Modells zu schließen.

Zur Dokumentation wurden digitale Fotos von noch erhaltener Farbfassung auf Figuren der Tonarmee und Fragmenten gemacht. Mit den gefertigten Digitalbildern der Farbfassungsresten wird momentan begonnen, die Farbfassung einzelner Figuren (in Teilen) zu rekonstruieren. Aus den gewonnenen Daten und weiteren Untersuchungen an den Originalen sollen Texturen erzeugt werden, die dann auf die Oberfläche der 3D-Gittermodelle aufgebracht werden.

Objekt- und Panorama-Videos

Ein großer Vorzug von Objekt- und Panorama-Videos ist die realitätsnahe und interaktive Benutzung durch den Betrachter. Dadurch wird es z. B. dem Besucher einer Ausstellung möglich, sich virtuelle in sonst für ihn

unzugänglichen Bereichen z. B. einer Ausgrabung zu bewegen und Ausstellungsobjekte aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten.

Panorama-Videos

Als Standort für die Erstellung von Panoramen wurde aufgrund der guten Lichtverhältnisse Grube 1 im Terrakottaarmee-Museum ausgewählt.

Für die Aufnahmen wurden eine digitale Spiegelreflexkamera und ein Stativ mit speziellem Panoramakopf verwendet.

Zu Beginn wurde die Kamera so auf dem Stativ justiert, dass sie möglichst exakt um den Nodal-Punkt (= Knotenpunkt oder Optisches Zentrum) gedreht wird. Sind die richtigen Einstellungen für Belichtung und Entfernung gefunden, mussten diese unbedingt bei allen Aufnahmen für dieses Panorama unverändert beibehalten werden. Daher war es wichtig darauf zu achten, die Kamera ohne Automatik manuell zu bedienen und beim Drehen die Entfernungseinstellung nicht zu verändern.

Um ein Panoramabild zu erstellen sind je nach verwendetem Objektiv 12-16 Aufnahmen nötig. Dazu wird die Kamera auf einem Stativ in definierten Winkelabschnitten horizontal gedreht. Wichtig ist dabei, dass die Einzelbilder einen Überlappungsbereich von ca. 30% besitzen, um sie später problemlos mit der Stitching-Software zusammensetzen zu können.

Für ein sphärisches Panorama (360x360 Grad) mussten drei Serien aufgenommen werden: eine in horizontaler Richtung und eine bei der die Kamera jeweils um 45 Grad aus der Horizontalen nach oben oder nach unten geneigt wurde. Abschließend wurde jeweils noch ein Einzelbild senkrecht nach oben und senkrecht nach unten erzeugt. Für das Bild senkrecht nach unten muss das Stativ entfernt werden, die Kamera sollte dabei möglichst in derselben Position verbleiben.

Waren alle Aufnahmen erstellt, wurden die Digitalbilder auf den Rechner übertragen und in die Stitching-Software importiert, zusammengesetzt und gerendert. Das Ergebnis ist ein Panorama im (QTVR-)Multimedia-Video-Format, das mit einem entsprechenden Viewer (Apple QuickTime) betrachtet werden kann. In der Regel waren Nachbearbeitungen an Details der Videos notwendig, um zu einem guten Ergebnis zu gelangen.

Werden mehrere Panoramas von einer Lokation erstellt, besteht die Möglichkeit, die einzelnen Videos durch sogenannte Hotspots miteinander zu verlinken. Es wird dadurch möglich, sich an verschiedene Stellen eines Ausgrabungsortes zu bewegen und sich dort „virtuelle“ umzusehen.

Innerhalb von Grube 1 wurden an fünf unterschiedlichen Stellen Panoramabilder erstellt, welche man zu einem „virtuellen Rundgang“ verknüpfen könnte.

Unterschiedliche Lichtverhältnisse bei den Aufnahmen bedingt durch Tageszeit und Wetter führten jedoch zu sehr verschiedenen Ergebnissen und Stimmungen bei den entstandenen Videos. Daher sind die einzelnen Videos nur bedingt miteinander kombinierbar.

Objekt-Videos

Zur Erstellung von Objektvideos wurden im Terrakottaarmee-Museum eine Gans und der Krieger mit dem „Grünen Gesicht“ ausgewählt.

Zuerst mussten Digitalbilder der Objekte erstellt werden. Für die Aufnahmen wurde eine digitale Spiegelreflexkamera, ein Stativ sowie ein Drehteller mit Winkeleinteilung verwendet. Das zu fotografierende Objekt (z. B. Tonkrieger) wurde dazu mittig auf der Drehscheibe platziert und mit Tageslichtlampen ausgeleuchtet. Die Kamera wurde entsprechend platziert, um das Objekt bildfüllend aufzunehmen; dabei war besonders darauf zu achten, dass sich beim Drehen stark auskragende?? Teile des Objekts nicht aus dem Bild hinaus bewegten.

Auch hier galt, dass die einmal gefundenen Einstellungen für Belichtung und Entfernung bei allen Aufnahmen beibehalten werden mussten.

Je kleiner die einzelnen Drehwinkel gewählt werden, umso mehr Aufnahmen entstehen und umso flüssiger erscheint das Objekt bei der späteren Betrachtung.

Zum Fotografieren wurden bei beiden Objekten Winkelschritten von 30 Grad gewählt. Dadurch entstanden bei einer Volldrehung um 360 Grad 12 Aufnahmen mit jeweils unterschiedlicher Ansicht. Die Bilder wurden von der Digitalkamera auf den PC übertragen.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde bei den entstandenen Bildern mit einer Bildbearbeitungs-Software der Hintergrund entfernt. Danach wurden die Bilder mit einer Software zur Erzeugung von Objektvideos zusammengesetzt. Zur Ausgabe wurde QTVR-Objekt-Videoformat verwendet.

Weitere Nachbearbeitungen sollen noch erfolgen. Auch ist die farbliche Wiedergabe der Videos noch nicht zufriedenstellend und muss verbessert werden.

8. Konservierung der Steinpanzer – Anwendung eines neuen Bergungsverfahrens in Situ

Die Bergung der Steinpanzer stellte bislang eine besondere Herausforderung dar. Die zum Teil stark beschädigten, nicht mehr miteinander verknüpften Plättchen müssen unversehrt aus dem feuchten Erdreich gehoben werden, ohne dabei die Anordnung der Einzelteile zu verändern. Bislang war es nicht möglich einen kompletten Panzer mit Verbindungsdrähten zu bergen. Die Bronzedrähte wurden zuerst durchtrennt und dann

entfernt bevor man die Plättchen einzeln aus dem Erdreich entnahm und wieder durch neue Drähte miteinander verband. Mit dieser Methode ging wertvolles Originalmaterial sowie wichtige Informationen zur Beschaffenheit und Herstellungstechnik unwiederbringlich verloren.

Um diesen Verlust zu vermeiden, sollte ein Verfahren entwickelt werden, das eine Bergung ohne Materialverlust ermöglicht. Hierzu wurden bei Versuchen mit Cyclododecan (CDAN) erste Erfolg versprechende Ergebnisse erzielt. Es handelt sich dabei um ein Material, das in den letzten Jahren wegen seiner besonderen Eigenschaften und vielseitiger Verwendungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Restaurierung, mehr und mehr Verwendung findet. Für die temporäre Transportsicherung und Festigung verschiedenster fragiler Objekte, sei es an Skulpturen, Wandmalereien oder Metallobjekten oder als hydrophobe Sperrschicht hat sich CDAN schon längst bewährt. Als Hilfsmittel zur Bergung archäologischer Objekte kam es bisher nur in geringem Maße zum Einsatz. CDAN gehört zur Verbindungsklasse der unpolaren gesättigten Kohlenwasserstoffe und ist bei Raumtemperatur fest. In Folge seines relativ hohen Dampfdrucks, sublimiert es nach einiger Zeit so gut wie rückstandslos und ist damit besonders schonend für empfindliche Objekte.

In einem ersten Experiment 2002 wurde CDAN mit einer Heißwaxspistole auf ein Panzerfragment aus etwa 100 Plättchen aufgesprüht. Die ca. 3 mm wachsartige Schicht hielt die einzelnen Plättchen mit ihren Verbindungsdrähten zusammen und konnte an befestigten Schlaufen vom Boden abgehoben werden.

Als problematisch erwies sich, dass der spröde CDAN-Film leicht zum Bruch neigt, was bei der Bergung eines kompletten Panzers (Gewicht ca. 20 kg) einen Risikofaktor darstellt. Aus diesem Grund verbesserten die chinesischen und deutschen Kollegen gemeinsam die Methode weiter. Nach mehreren Testreihen und Versuchen an einer originalgetreuen Kopie eines Panzers begann man im Sommer 2004. Die einzelnen Abschnitte der Bergung gestalteten sich sehr viel aufwendiger, jedoch war garantiert, dass das Gewicht eines kompletten Panzers problemlos gehalten werden konnte. Zunächst wurde ein zusammenhängendes Teilfragment eines Oberkörperpanzers ausgewählt und aufwendig dokumentiert. Danach folgte der Einsatz von Cyclododecan. Dieses Mal wurde der reinen Schmelze etwas Siedegrenzbenzin beigegeben. So wird ein zu schnelles Abkühlen verhindert und der Auftrag mit dem Pinsel ermöglicht.

Um die Steinplättchen aus dem Lössboden leichter lösen zu können, wurde der Boden vorab mit Alkohol angefeuchtet. Nun erfolgte das Aufstreichen von Streifen aus Baumwollgaze mit CDAN. Eingebettete Plastikschläuche können nach der Bergung leicht entfernt werden und dienen dann als Drainagesystem für das Lösungsmittel, das so leicht in die Schicht eindringen und das CDAN wieder von dem Objekt lösen kann.

Mehrere Stoffschichten garantierten eine feste und absolut dichte Oberfläche. Nach einer angemessenen Wartezeit wurde das Objekt mit einem Papprahmen abgegrenzt und eine ca. 10 cm hohe Schicht aus PU-Schaum, verstärkt durch eine Holzarmierung, angebracht. Zudem sind Trageschlaufen, an denen das komplette Panzerteil angehoben werden soll, fest in der PU-Schicht verankert. Nach dem vollständigen Aushärten des Schaums konnte nun das ganze Fragment unversehrt aus der Erde gehoben werden.

Alle Steinplättchen mit Bronzedrähten lösten sich beim Anheben des „Pakets“ vom Boden und blieben in ihrer originalen Position in der Cyclododecanschicht eingebettet. Nachdem das Paket gedreht wurde und das Fragment nun mit der Unterseite nach oben dalag, konnte mit der Konservierung begonnen werden.

Plättchen sowie Drähte wurden vorsichtig gereinigt und lose Steinpartien mit einem Poly-butyl-methylacrylat (Mowital B30 H15) geklebt. Dieses hat im Vergleich zu Paraloid B72 einen höheren Glasübergangspunkt. Bei den extremen klimatischen Bedingungen können die Temperaturen im Sommer schnell über 40°C klettern, was in der Vergangenheit zu Problemen führte. Das Paraloid wurde weich und klebrig, die Haftung stark vermindert und Schmutzpartikel blieben am Objekt kleben. Der Glasübergangstemperatur von Mowital liegt bei 65°C. Zudem erbrachte die Überprüfung der Haftzugfestigkeit an Kalkstein ausreichende Werte.

Nachdem die Konservierung der Rückseite beendet war, musste das Objekt risikofrei gedreht werden. Die Anfertigung einer Negativform der Oberfläche aus Gips konnte das Objekt gedreht werden, wobei die Gipsform nun als Auflage diente. Nun erfolgte das Ablösen der Trägerschicht aus Cyclododecan und PU-Schaum. Dazu wurden die Plastikröhrchen aus der CDAN Schicht herausgezogen und das Objekt in Siedegrenzbenzin gelegt. Dieses konnte nun schnell in das Paket eindringen, das CDAN wurde angelöst und die restlichen Stoffstreifen lagen lose auf dem Objekt. Am Ende lag das Fragment wieder in seiner originalen Position auf dem Träger und die Restaurierung konnte abgeschlossen werden.

9. Ausbau der wissenschaftlichen Zusammenarbeit und Kooperation

Für die Untersuchung von Pigmenten besteht seit 1999 ein regelmäßiger Austausch mit Herrn Prof. H. Berke an der ETH Zürich, Fachbereich, Anorganische Chemie. Prof. Berke forscht seit vielen Jahren an der Herstellung von Chinesisch Blau und Violett (Han Blue, Han Purple) und dem Technologietransfer zwischen Ägypten (woher das dem Han Blue verwandte Ägyptisch Blau stammt) und Ostasien. Proben blauer und violetter Farbschichten der Qin- und Hanzeit wurden auch dieses Jahr wieder untersucht. Zudem wird Herr Prof. Berke die Erstellung einer Rekonstruktion der originalgetreuen Bemalung an der Kopie eines knienden Bogenschützen mit der Herstellung einer größeren Menge Chinesisch Violett unterstützen (1-3 kg).

Die Untersuchungen mittels Mikro-RFA und Raman-Spektroskopie durch Frau Dr. Greiff haben zur Identifizierung des gelben Pigmentes in der Terrakottaarmee und der hanzeitlichen Wandmalerei als Vanadinit entscheidend beigetragen. Beide Verfahren ergänzen die im Münchner Labor vorhandenen Untersuchungsmöglichkeiten ideal. Der Austausch von Proben und Ergebnissen zwischen dem Römisch-

Germanischen Zentralmuseum und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege wird zunehmend intensiver. Das Scannen von mehreren Figuren der Tonkriegerarmee wurde in Zusammenarbeit mit dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz durchgeführt und von Herrn Heinz geleitet. Die Arbeit erbrachte sehr gute Ergebnisse und soll evtl. 2005 fortgeführt werden. Der Austausch mit Herrn Prof. Koob und dem Architekturlehrstuhl der TU Darmstadt eröffnet neue Perspektiven bei der Erstellung der Rekonstruktion der Farbigekeit von Tonkrieger. Der Austausch von Informationen und Forschungsergebnissen ermöglicht für beide Seiten ein produktiveres Arbeiten.

10. Besuch chinesischer Delegationen

Im Dezember waren zwei chinesische Delegationen jeweils für einen Tag in München zu Gast. Die erste bestand aus fünf Vertretern des Kulturgüterschutzministeriums Beijing. Die zweite setzte sich aus 17 Denkmalpflegern verschiedener chinesischer Provinzen zusammen, geleitet von mehreren Mitarbeitern der Beijinger Zentrale (Kulturgüterschutzministerium). Die Delegationen wollten sich über Organisation und Struktur der Denkmalpflege in Bayern informieren. Im Anschluss wurden Forschungsprojekt, Labor und die Magnetometerprospektion und Luftbildarchäologie vorgestellt.

11. Lenkungsausschusstreffen

Am 3. 12. fand das diesjährige Treffen des Lenkungsausschusses statt, der diesmal in Mainz tagte. Die Arbeiten in den einzelnen Teilprojekten wurden besprochen, diskutiert und das weitere Vorgehen besprochen. Am vorangegangenen Tag wurde über die Vorbereitungen der Ausstellung 2006 in den Räumen der Bundeskunsthalle in Bonn diskutiert. Umrahmt wurden diese Tage mit einem Besuchsprogramm im Raum Mainz und Bonn sowie in und um München.

Für die Übersetzung wurden von der Münchner Seite Herr Chen und Frau Soong-Müller beauftragt.

Stand der Arbeiten im Vergleich zum geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan, Gründe für eventuelle Änderungen

Arbeits- und Zeitplan

Der Stand der Arbeiten entspricht den Vorgaben der Vorhabensbeschreibung.

Finanzierungsplan

Die Finanzierung der Forschungsarbeiten im Jahr 2004 erfolgte nach den Vorgaben des Finanzierungsplans. Einzelheiten sind in der Jahresabrechnung aufgelistet.

Zudem Erweiterung der Werkstatteinrichtung in Lintong: Mit Zustimmung/Genehmigung des BMBF auf dem LA.

Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele geändert?

Wenn ja, welche Probleme sind entstanden?

Die Vorhabensziele wurden erreicht.

Haben sich die Vorhabensziele geändert? Wenn ja, warum?

Die grundsätzlichen Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert. Die Forschungen in den Bereichen Terrakottarestaurierung, Polychromie der Tonkrieger sowie Steinpanzer wurden fortgesetzt. Die Arbeiten im Bereich virtuelle Rekonstruktion wurde begonnen. Die Vorhabensbeschreibung ist in der Projektbeschreibung des Antrages für die Projektphase 2004 bis 2006 enthalten.

Sind inzwischen Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bekannt geworden, die für das Vorhaben von Bedeutung sind? Wenn ja, welche?

Sind für Vorhabensergebnisse

- Patente angemeldet worden?
- Erfindungen in Anspruch genommen worden?
- Neuerungen und / oder Verbesserungen bereits gemachter Erfindungen angefallen?

Wenn ja, bitte spezifizieren.

trifft nicht zu

Liste eigener Publikationen von Vorhabensergebnissen
(bitte Sonderdruck gemäß Zuwendungsbescheid beifügen)

Publikationen

Dissertation von Rupert Utz, München (März 2004): „Stabilisierung von Lösslehmoberflächen in archäologischen Grabungen am Beispiel des Terrakottaarmee des Qin Shihuangdi“

H. Langhals, D. Bathelt, S. Bucher, „Das Grabmal des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuangdi: ein ungewöhnlich großer archäologischer Fund und seine chemische und konservatorische Herausforderung“, *Chemie in unserer Zeit* 2005, im Druck.

Vortrag

D. Bathelt, *Konservierung der Farbfassung der Terrakottaarmee des Qin Shihuang*, gemeinsame Tagung der Dunhuang Academy, China, und Getty Conservation Institute, USA, in Dunhuang, 3. Juli 2004.

S. Bucher, *Bergung eines Steinpanzers aus der Grabanlage des Qin Shihuang*, gemeinsame Tagung der Dunhuang Academy, China, und Getty Conservation Institute, USA, in Dunhuang, 3. Juli 2004.

D. Bathelt, C. Blänsdorf, *PEG, PU und Acrylate. Entwicklung einer Methode zur Konservierung der Farbfassung der Terrakottaarmee*. Vortrag an der TU München, Fachbereich Restaurierung, 13. 1. 2004

Poster

H. Dorschner, U. Lappan, C. Blänsdorf, D. Bathelt, I. Rogner, H. Langhals. Poster auf der 11. International Conference Polymeric Materials, Halle, 2004

Chinareise vom 8. – 19. März 2004

Teilnehmer:

Prof. Dr Rolf Snethlage (Sn), Dr. Ganglin Chen (CG), Sandra Bucher (SB), Felix Horn (FH)

Montag, 08.03.2004

Um 13:55 Uhr Abflug von München nach Frankfurt, Ankunft dort um 15:10 Uhr. Weiterflug LH 720 nach Beijing um 17:20 Uhr.

Dienstag, 09.03.2004

Ankunft in Beijing um 9:30 Ortszeit. Um 12:05 Uhr Abflug, um 13:40 Uhr Ankunft in Xi'an. Empfang am Flughafen in Xi'an durch Rong Bo, Bus-Fahrer Yu, Zhang Zhijun, Wang Dongfeng und Fahrt mit Kleinbus zum Hotel Lintong Liaoyangyuan (Erholungszentrum bei den Quellen. Früher nur für Kaderleute). Im Hotel 15:30 – 16:30 Uhr Besprechung mit Zhang Zhijun und Rong Bo über das Programm während der nächsten Tage. Im Anschluss an das Gespräch kleiner Rundgang durch Lintong. Um 19 Uhr Abendessen im Hotel.

Mittwoch, 10.03.2004

Nach Frühstück um 8:00 Uhr im Hotel Fahrt zum Terrakottamuseum und um 9:30 Uhr Treffen mit Direktor Wu Yongqi. Inhalte des Gesprächs siehe beiliegendes Protokoll.

Großartiges Mittagessen mit viel Wildgemüse und panierten Magnolienblütenblättern. Anschließend Führung mit Direktor Wu durch den neu angelegten Eingangsbereich des Museums. Es werden Parkplätze und ein Besucherzentrum entstehen. 7000 Bäume sind gepflanzt und Wege angelegt.

Rundgang mit Zhang Zhijun durch Grube 1 – 4 und Besichtigung der Bronzewagen. Suche nach geeigneten Stellen für Panoramaaufnahmen. In Grube 2 befinden sich vier Terracottafiguren in Vitrinen, die gut für 3D Laserscan geeignet wären. Zhang Zhijun meint, Entfernung der Glashauben der Vitrinen wäre kein Problem. Die vier Figuren sind Krieger, General, Pferdeführer mit Pferd und Krieger mit bewegter Handhaltung.

Danach in den Werkstatträumen Demonstration von Videos des Museums über Freilegung und Festigung in der Ausgrabung. Photograph Zhang Tianzhou. Filmproduzent Zhao Zhi. Es gibt zahlreiche Videos von teils sehr guter Aufnahmequalität. Manches könnte für die Ausstellung geeignet sein.

19 Uhr Abendessen im Hotel.

Donnerstag, 11.03.2004

Um 8:15 Uhr Frühstück, im Anschluss Fahrt zum Museum. Erstellung von Digitalfotos in Pit No. 1 durch Sn, GC und FH mit Unterstützung durch chin. Kollegen. SB schreibt Protokoll.

Um 13 Uhr Mittagessen in der Museumskantine.

Fahrt nach Xi'an um 14 Uhr (Sn, SB, GC) zum Archäologischen Zentrum.

FH erstellt von 14 bis 16:30 Uhr weitere Digitalfotos in Pit No.1, wird um 17 Uhr vom Fahrer nach Xi'an zum Archäologischen Institut gebracht.

Sn, SB und GC treffen Vizedirektor Yin Shenping und Archäologe Duan. Hou Gailing übersetzt. Der Wunsch, einen Steinpanzer zu bergen und auf der Ausstellung zu präsentieren, wird vorgetragen. Nachdem Yin Shenping mit Wu Yongqi Rücksprache genommen hat, stimmt er dem Wunsch zu. Unternehmen kann im Juni vor dem Besuch der Konferenz in Dunhuang ausgeführt werden. Weiterhin werden die Pläne des BLfD hinsichtlich 3D und Cubic bzw. auch virtuellen Rundgängen vorgetragen. Es wird angeboten, bei Wünschen von Seiten des Archäologischen Instituts behilflich zu sein.

Danach Besichtigung der ausgebauten Werkstatt und Kennenlernen der 5 Mainzer Restauratoren/innen. Nähere Einzelheiten zum Besuch siehe das gesonderte Protokoll. Gemeinsames Abendessen auf Einladung des Archäologischen Instituts in einem luxuriösen Restaurant. Rückkehr zum Hotel ca. 22 Uhr.

Freitag, 12.03.2004

Frühstück um 8:15 Uhr, danach Fahrt zum Terrakottamuseum. Beginn der Arbeiten um 9:30. Besuch des Depots um Figur für Quicktime Panorama auszuwählen. Im Depot sind ca. 25 Krieger verschiedener Gattung, aber alle nur mit Spuren von Polychromie. Das Museum hat acht kniende Bogenschützen restauriert mit PEG und PU bzw. auch mit Acrylaten. Alle haben viel Farbfassung. FH sucht farbige Fragmente für Dokumentation der Farbwerte aus.

Danach Besichtigung des provisorischen Werkstattraums im Erdgeschoss, wo sich der kniende Bogenschütze mit dem grünen Kopf befindet. Diese Figur ist die schönste und wird für die Quicktime Panorama Aufnahmen ausgewählt.

Im Werkstattraum für Metall befindet sich ein wundervolle Kranich mit der größtenteils erhaltenen weißen Fassung. Außerdem eine Gans und die Beine des Kranichs, dessen Corpus im Depot steht. Die Gans wird für Quicktime Panorama ausgesucht.

Der Drehtisch für die Fotoarbeiten wird bereitgestellt. Es dauert aber, bis die Unterlage aus grauem Papier fertig ist und der Bogenschütze darauf gestellt werden kann. Danach wird die Beleuchtung eingestellt und die Figur richtig zentriert. Vor dem Mittagessen kann noch mit den Aufnahmen für das Quicktime begonnen werden..

13 Uhr Mittagessen.

Ab 14:15 Abbau des Kriegers und Aufbau der Gans für Quicktime Panorama. Wieder genau Einrichtung von Figur und Beleuchtung. Aufnahmen des Bronzevogels werden fertiggestellt.

16:30 Abfahrt vom Museum.

Stopp am Grabhügel von Qin Shihuangdi und Besteigung des Berges. GC erläutert das Feng Shui der Gesamtanlage.

18:00 Uhr am Hotel, 19:00 Uhr Abendessen. Im Anschluss nächtlicher Spaziergang durch Lintong mit Besichtigung von Tanzfläche und Billardplatz im Freien.

Samstag, 13.03.2004

Das Frühstück wird um 8:30 gereicht. Weiter geht es mit Fahrt nach Xi'an; um 10:30 Uhr Treffen mit Liu Yunhui (Deputy Director General) und Jin Xianyong (Director) im Ministerium für Kulturgüterschutz. Details siehe Protokoll.

Nach dem Gespräch erscheinen Ma Tao, Qi Yang (Vice Director) im Ministerium.

Zusammen Mittagessen um ca. 12 Uhr in einem koreanischen Restaurant in Xi'an.

Besuch des Steelenwald-Museums. CG gibt ausführliche Erläuterungen zu Hintergrund und Entwicklung der chinesischen Schriftzeichen.

Ein Spaziergang in den Gassen entlang der Stadtmauer wird für Einkäufen genutzt.

Sonntag, 14.03.2004

Es gibt Frühstück um 8:30 Uhr.

Fahrt nach Xi'an. Wir treffen vor Ministerium Liu Yunhui (Deputy Director General).

Fahrt zum etwas außerhalb des Stadtkerns gelegenen und erst vor kurzer Zeit entdeckten Grab aus der Westlichen Han-Zeit. Besichtigung des außergewöhnlich schönen und noch gut erhaltenen Grabes. Die elegante Linienführung und leuchtende Farbigkeit der Wandmalereien beeindrucken sehr. Nach Verabschiedung Weiterfahrt zurück ins Zentrum und Mittagessen in einem Restaurant in Xi'an. Besuch des Historischen Museum Xi'an. Nach kurzer Fahrt Spaziergang auf der historischen Stadtmauer von Xi'an.

Abschließend ein Spaziergang entlang zahlreicher Geschäfte. Es wird chinesische Medizin erstanden. Rückfahrt nach Lintong.

Das Abendessen wird um 19:15 Uhr zusammen mit unserem chin. Kollegen und dem Fahrer eingenommen.

Montag, 15.03.2004

Es gibt um 8:15 Uhr Frühstück. Danach Fahrt zum Terrakotta Museum..

Kurzer Besuch der Werkstätten. Danach Besuch von Pit No. 2 zusammen mit Wang Dongfeng, Li Hua. In der Grube Zusammentreffen mit Archäologen und Arbeitern des TM's. FH macht Digitalfotos von Polychromie an Terrakottakriegern.

Gemeinsames Mittagsessen in der Kantine mit chin. Kollegen.

FH, Sn, CG fertigen in Pit No. 1 zusammen mit Wang Dong Feng, Li Hua Digitalfotos für QTVR-Cubic an. SB Besprechung und Arbeitsvorbereitung für Panzerbergung mit Xia Yin.

Fahrt nach Xi'an. Abschiedsessen in Portugiesischem Restaurant. Anwesende: Direktor Wu, Vizedirektor Luo, Zhou Tie, uva.

Dienstag, 16.03.2004

Nach Kofferpacken um 9 Uhr Abfahrt, um 9:30 Uhr Frühstück im TM in der Museumskantine. Abfahrt zum Flughafen um 10:30 mit Zwischenstop und Besuch im Yang-Ling-Museum.

Fahrt zum Flughafen, Flug nach Beijing von 14:40 bis 16:15 Uhr. Fahrt mit zwei Taxi's zum Hotel Hao Yuan.

Mittwoch, 17.03.2003

Frühstück um 8 Uhr. 9 Uhr Treffen mit Dr. Harmut Keune, Abteilung Wissenschaft und Technologie der Deutschen Botschaft Beijing. Berichterstattung über derzeitigen Stand des Projektes. Anschließend Besuch der Verbotenen Stadt.

Nachmittag Besichtigung des Sommerpalastes außerhalb des Zentrums. 17:30 Uhr Treffen mit Zhang Tinghao an der in der Nähe liegenden Parteischule. Gemeinsames Abendessen und Besprechung der Ergebnisse der Reise und zukünftige Vorhaben.

Donnerstag, 18.03.2003

Um 8:30 Uhr Frühstück. Ca. um 10 Uhr Fahrt zum Fujung Pass zur Chinesischen Mauer. Kleine Wanderung auf der Mauer. Danach ca. um 13 Uhr Weiterfahrt und Besuch eines Grabes aus der Ming-Dynastie am Tianshou Shan (天寿山). Anschließend Spaziergang durch „Geisterstrasse“. Nach Rückfahrt nach Beijing wird der späte Nachmittag zum Einkaufen genutzt. Abendessen um 19:30 Uhr im Hotel Hao Yuan.

Freitag, 19.03.2003

Frühstück um 8 Uhr. Abfahrt zum Flughafen um 8:30 Uhr. Abflug um 11:45 in Beijing, Ankunft in Frankfurt um ca. 14:30 Uhr. Weiterflug nach München um 15:40 Uhr.

Bericht über die Dienstreise nach Xi'an, 30. 3. bis 8. 4. 2004

Teilnehmer:

- RGZ Mainz: Prof. Falko Daim, Prof. Markus Egg, Dr. Susanne Greiff
 - Dr. Bettina Zorn, Museum für Völkerkunde Wien (ab September 2004 im RGZM)
 - TU Darmstadt: Prof. Manfred Koob
 - KAH Bonn: Henriette Pleiger,
 - BLfD München: Catharina Blänsdorf
- Organisation vor Ort: Fr. Hou Gailing

Der Zweck der Reise waren Besprechungen zur Fortführung des Mainzer Chinaprojektes, Gespräche zur Ausstellung 2006 sowie eine erste Auswahl möglicher Exponate.

30. März

Abflug in Deutschland (C. Blänsdorf mit KLM über Amsterdam)

31. März

Treffen von Hr. Daim, Hr. Egg, Hr. Koob, Frau Greiff und Fr. Blänsdorf am Flughafen in Beijing und gemeinsamer Weiterflug nach Xi'an. Ankunft 16:00; Unterbringung im Tanghua Hotel (Nähe der Da Yanta; 260 RMB / Nacht (Verhandlungspreis))

1. April

Besichtigung der Werkstätten des Archäologischen Instituts Xi'an.

In der **Metallwerkstatt** werden derzeit vier der **Wasservögel aus Grube 0007** des Qin Shihuangling restauriert, von denen zwei Gänse fast fertig sind. Ein Schwan ist in Bearbeitung, jedoch so stark beschädigt, dass fraglich ist, ob der Körper wieder zusammen gesetzt werden kann. Der Schwan zeigt Reste einer weißen Bemalung der Federn. Die Farbe ist mehrschichtig aufgetragen und bis in tiefsten Vertiefungen mit Federstruktur versehen, die Kiel, Federverlauf und Überlappungen der Federn angibt. Die Farbschicht ist matt, gerissen oder gebrochen, z.T. auch grün verfärbt, und eher hart. Analysen liegen noch nicht vor.

Die Gänse (Typ Schwanengänse) besitzen eine schwarze Farbschicht, die glänzt und sehr kompakt ist. Das Material ist unbekannt. Analysen ergaben nichts außer C, weitere Untersuchungen werden vom Doerner-Institut durchgeführt. Die Oberfläche ist auch hier strukturiert mit derselben Imitation des Federkleides.

Der bereits fertiggestellte Vogel wurde zur Festigung mit einer Mischung aus Paraloid B 72 und mikrokristallinem Wachs (in Toluol) überzogen. Dadurch glänzt die Oberfläche jetzt seidenmatt.

Auf eine Behandlung mit einem Korrosionsschutz wurde verzichtet. BTA (Benzotriazol) ist hoch cancerogen und hilft erfahrungsgemäss auch nicht viel (diese Erkenntnis hat sich auch in Lintong durchgesetzt). In den feuchtwarmen Sommermonaten war jedoch eine heftige neue Korrosions"blüte" zu beobachten, d.h. langfristig kommen nur Klimavitrinen in Frage.

Weiterhin wird an **tangzeitlichen Funden** gearbeitet, vor allem an den Funden aus dem Prinzessinnengrab. Zur Zeit wird der Kopf mit dem Diadem freigelegt, dass aus Goldblechornamenten, Perlmutter, Federn u.a. filigranen Dekors besteht, die über einem Träger aus Stoff oder Haar aufgesteckt waren. Die gesamte Konstruktion wurde mit mehreren langen Haarnadeln fixiert. Das Lackkästchen ist weitgehend abgeschlossen, die Lackschicht muss aber noch einmal nachgefestigt werden. Aus den neuen Chang'an-Grabungen (im Süden Xi'ans) werden ein Gürtel und ein Schwert (?) bearbeitet, die erst kürzlich in die Werkstatt aufgenommen wurden.

In der **Textilwerkstatt** werden weiterhin die Seiden aus dem Famensi konserviert. In den Arbeitsräumen der chinesischen Kollegen werden tangzeitliche Grabfiguren (Grabwächter u.a.) restauriert.

10:30-12:00 Besprechung über das Projekt im Archäologischen Institut mit Hr. Jiao (Leiter), Hr. Yin Shenping und Hr. Yang Junchang (Werkstattleiter), s. Protokoll 1

15:00 Besuch von Hr. Fang Guanghua, mit einer Gruppe von Mitarbeitern von der Northwest University (Xibei Daxue) Xi'an; Besichtigung der Werkstätten

Gang um die Da Yanta, deren Umgebung zum Frühlingsfest neu angelegt wurde. Nördlich der Pagode befindet sich ein riesiger Platz mit Wasserspielen (in Anlehnung an den großen Teich, der sich dort in der Tangzeit befand). Eingerahmt wird er von Gebäuden, die jedoch so schnell errichtet wurden, dass sie nach nur vier Monaten zum zweiten Mal grundsaniiert werden müssen. Abends gibt es Radetzky-Marsch, Schöne blaue Donau u.a. mit bunten Fontänen. Die ruhige, großräumig autofreie Anlage wird von Fußgängern sehr geschätzt.

16:30 Hr. **Koob** stellt seine Arbeiten und seine Planungen für die Ausstellung vor. Als Beispiel zeigt er den Kreml-Film (s. Protokoll 4).

18:30 Bankett

2. April

9:00 Abfahrt zum **Qin Shihuangling, Lintong**. Die Autobahn nach Lintong ist mittlerweile über den neu gebauten Stadtautobahnring zu erreichen, was die Durchfahrt durch die Stadt erheblich verkürzt. Somit ist man in ca. 30 Minuten dort.

Vor dem Museum Treffen mit einer anderen deutschen Gruppe von vier Mitarbeitern vom **Geowissenschaftlichen Zentrum der Universität Göttingen**, die ein DFG-Projekt zur Untersuchung des Umwelt"gedächtnisses" des Löss starten wollen, mit dem man u.a. technologische Entwicklungen (Beginn der Metallverhüttung u.ä.) nachweisen kann. Zu der Gruppe gehören Prof. Dr. Hans Ruppert und Dipl. Geow. Benedikt Sauer.

Am Mausoleum wird die **Steinpanzergrube** besichtigt. Grube 0006 wird aus Zeitgründen ausgelassen. Die Vogelgrube 0007 ist mittlerweile wieder komplett zugeschüttet, so dass dort nichts mehr zu sehen ist.

Die Steinpanzergrube wirkt jetzt sehr trocken. Die Oberflächen sind extrem verstaubt. Mindestens ein weiterer Panzer wurde seit letztem Jahr herausgenommen, denn ein größeres Stück des Fußbodens liegt frei. In der Halle stehen vier Figuren aus Grube 0006 (1 Minister und die Besatzung des Streitwagens), ein restaurierter Panzer und ein in Stein rekonstruierter Helm sowie zwei mit Bambusplättchen rekonstruierte Panzer.

Anschließend Besuch der **Terrakottaarmee**. Wieder im "Durchlauf" werden die Gruben (inkl. Terracotta Workshop in Grube 1) und die Bronzekutschen besichtigt.

Dann erwartet Hr. Wu die Gruppe zum **Mittagessen** im Museumsrestaurant. Von Seiten des Museums sind außerdem anwesend: Hr. Luo Wenli, Hr. Zhang Zhijun, Hr. Zhou Tie. In Bezug auf die Ausstellung verspricht Hr. Wu, dass auch eine Auswahl an Waffen ausgeliehen werden kann. Als besondere Schwierigkeit spricht er die Verpackung des Kriegers mit dem grünen Gesicht an. Hr. Daim schlägt vor, dass die Münchner Restauratoren für die Verpackung nach Lintong kommen könnten.

Hr. Daim spricht an, dass er für die Mainzer Restauratoren im Arch. Institut gerne zwei der (insg. 12) Kraniche für die Restaurierung hätte. Hr. Wu lädt die Mainzer ein, in den Werkstätten in Lintong zu arbeiten und hält sich ansonsten mit einer Antwort zurück.

14:00, Besichtigung der **Werkstätten**: Die neu eingerichteten kleinen Räume werden gezeigt (Labor 2 und 3), in denen jedoch noch keine Arbeiten stattfinden. Der Raum mit drei polychromen Figuren kann besichtigt werden sowie die daneben liegende "Metallwerkstatt",

in der zwei Bronzevögel ausgestellt sind (der Kranich mit dem Fisch im Schnabel, stehende Gans, beide fertig konserviert).

16:00 Gespräch im **Cultural Relics Bureau** (Ministerium für Kulturgüterschutz) Shaanxi über die Fortführung des Projektes und die Ausstellung. Da Hr. Zhang Tinghao in Beijing ist und Liu Yunhui in Spanien zu einer Ausstellungseröffnung, wird die Sitzung von Hr. Vizeminister Guo Xianzeng geleitet (Protokoll 2)

18:30 Bankett mit den Vertretern des Ministeriums (mit viel Wein, Bier und Fröhlichkeit)

3. April

09:00 Abfahrt zur Besichtigung des **Stelenwaldmuseums**. Empfang durch Vizedirektor des Museums. Herr Daim spricht die Möglichkeit an, eines der Pferdereliefs vom Grab des Taizong abgießen zu dürfen. Diese gehören zu den Nationalschätzen, die nicht ausgeliehen werden können. Falls möglich sollen die in Philadelphia im Museum der Pennsylvania University befindlichen (am besten erhaltenen) Reliefs abgegossen werden. Das Stelenwaldmuseum könnte dann Abgüsse bekommen, die besser wären als die jetzt vorhandenen.

Anschließend Essen in einem Nudelrestaurant.

Mittlerweile ist Fr. Pleiger, aus Hohhot zurück, in Xi'an eingetroffen.

15:00 Abfahrt zu den **tangzeitlichen Gräberfeldern südlich von Xi'an (Kreisstadt Chang'an)**.

Die Gräberfelder aus der Zeit der Tang-Dynastie lagen nördlich und südlich der Stadt Chang'an. Während der Hochadel und Angehörige der kaiserlichen Familie im Norden der Stadt bestattet wurden, lagen im Süden Nekropolen der gehobenen Mittelschicht und Beamten. Da das Gebiet seit einigen Jahren bebaut wird, werden dort Grabungen durchgeführt. U. a. wird dort auch der Neubau der Konservierungsabteilung der Nordwestuniversität entstehen. Bislang wurden ca. 600 von gut 1000 sondierten Gräbern ausgegraben. Die Grabtumuli waren bis zur Bodenreform in den 1950-60er Jahren sichtbar und wurden dann abgetragen. Besichtigt werden konnte ein Grab, das zu den größten des Gräberfeldes gehört. Es ist ca. 50 m lang und über 10 m unter dem heutigen Bodenniveau. Freigelegt wurde die Zugangsrampe und vier „Luftschächte“, bis zur Freilegung der Grabkammer werden noch mind. 4 Wochen vergehen. Die Gänge waren komplett ausgemalt, die Malerei der Zugangsrampe ist an der Oberkante abgepflügt, nur grob freigelegt, beschädigt und schlecht erhalten. Zu erkennen waren Wolkenmuster und eine große Figur.

In einem Neubaugebiet mit Reihenhäusern in der Nähe der Grabungen sind in einem Haus provisorische Depots untergebracht, in denen die Funde aus der Han- bis Tangzeit gelagert sind. In vier Räumen sind in Regalen Keramikobjekte gelagert: verschiedene Haustiere, Kamele mit Treibern, Damen, Musikanten, Reiter; Grabwächter, 1 kompletter Tierkreis etc. ; Gefäße. Die meisten Stücke sind kalt bemalt. Seltene Objekte: eine Kuh und ein Schwein aus Eisen.

Auf Tischen waren die „Highlights“ ausgestellt. Ca. 20 Keramiken mit *sancai*-Glasuren, feines Porzellan, Tuschereibsteine, Schminkdosen, eine sehr seltene Schale mit grüner Marmorglasuren. In einem weiteren Raum waren Edelmetallfunde und kleine Gegenstände gesammelt: Aufwendige Haarnadeln aus Gold- und Silberblech, Käämme, Kristallperlen-Ketten, byzantinische Münzen, Jadeobjekte, Spiegel in allen Größen, wenige aufwendige Gürtel aus Edelmetall mit Steineinlagen. Ein kleiner Spitz aus Silber, ein Äffchen und weitere Tierchen und Spielzeug stammen aus dem Grab eines kleinen Jungen. Im Tresor lagern Waffen und Spiegel der Han-Zeit.

Herr Daim und Frau Pleiger starten die Auswahl von Objekten in Hinblick auf die Ausstellung.

Abends (19:00-22:30) trifft sich Herr Koob mit den beiden Grabungsleitern, Herrn Duan Qingbo (QinShihuangling) und Herrn Zhang Jianlin (Zhaoling) in der Hotellobby (s. Protokoll 4).

4. April

09:00 Abfahrt zur von **Zhaoling**, dass südwestlich von Xi'an liegt.

Die Fahrt mit Umweg über den Flughafen verläuft über z.T. abenteuerliche Straßen. Zum Flughafen gibt es eine neue Autobahn (mit Panoramablick auf die Kaisergräber), die Straße nach Xianyang ist aber noch im Bau und anschließend kommen kleine Buckelpisten.

Zhaoling ist das Grab des 2. Tang-Kaisers Taizong (Li Shimin (599-649), reg. 629-649, Regierungsdevise Zhen Guan). Taizong gehört zu den berühmtesten Kaisern und ist als Gelehrter und erfolgreicher Stratege in die chinesischen Geschichte eingegangen. Sein Grab liegt in einem Gebirgszug (Jiuzong Berge), der sich steil aus der Ebene erhebt, am höchsten, sehr auffälligen Gipfel. Das Grab selbst oder der Zugang dazu sind nicht bekannt.

In der Ebene davor befinden sich 188 Gräber hochgestellter Persönlichkeiten. Auf dem Abhang des Berges sind eine Reihe von Konkubinen und Hofdamen bestattet. Aller bisher ausgegrabenen Gräber waren beraubt. An einem der Gräber in der Ebene, das einem berühmten General gehört und einen Dreiergrabhügel besitzt, ist ein kleines Museum errichtet worden, in dem Funde aus den Gräbern ausgestellt werden. Dazu gehören sehr schöne Keramikfiguren. Ein großer Teil befindet sich gerade auf einer Ausstellung in Korea. In Hallen sind tangzeitliche Grabstelen, Sarkophagdeckel und Gedenkstelen aufgestellt, darunter auch eine Stele mit der Ansicht von Zhaoling incl. Nebengräbern aus der Song-Zeit, eine Darstellung der schon damals berühmten sechs Pferdereliefs und ein mingzeitliches Idealportrait des Kaisers.

(Mittagessen in einem Dorf, in dem Markt stattfindet. Auf der Straße werden mit zylindrischen alten Mühlsteinen in Betonwannen Chilimühlen betrieben).

Das Kaisergrab selbst hatte ein Südtor und ein Nordtor, wobei die Hauptausrichtung nach Süden ging. Dort waren Wohnhallen für den Kaiser, in dem Kleider u.a. für ihn ständig bereit gehalten wurden und Ahnenverehrung gehalten wurde. An der Südflanke wurden Höhlen entdeckt, die in verschiedener Höhe liegen. Sie enthielten wohl z.T. Beigaben, wie Bruchstücke kleiner Terrakottafigurchen zeigen. In einer größeren, ausgemalten Höhle war evtl. die vor dem Kaiser verstorbene Ehefrau beigesetzt, bis sie nach dem Tod des Kaisers (12 Jahre später) zusammen mit ihm bestattet wurde.

Auf der Nordseite befindet sich die steil ansteigende „Prozessionsstraße“ mit einer großen Toranlage und unterirdischer (gedeckter) Regenwasserableitung, von der noch größerer Teile erhalten sind (inkl. der Eisengitter zum zurückhalten von Schmutz). Viele Ziegel sind mit Namen der Handwerker gestempelt. Der Aufgang endet in eine Art Hof, der an der Ost- und Westseite mit Hallen eingeschlossen war. Dort befanden sich je drei der Pferdereliefs und anschließend je sieben der ausländischen Gesandten, deren Herkunft und Namen auf den Sockeln verzeichnet sind (König der Tuoba (in Tibet), weitere Gesandte aus dem Nordosten, aus Korea und Südchina...). Die Rückwand war mit dickem weissem Kalkputz verputzt und in Felder mit roten Begleitstrichen gegliedert. Nach diesem „Hof“ bricht die Straße ab (d.h. sie führt nicht auf den Berg). Unklar ist noch, warum sie nicht auf der Hauptseite, sondern der entgegengesetzten angelegt wurde (Herr Zhang gibt mehrere Theorien an).

In der Qingzeit wurde die Anlage wieder aufgebaut, wobei Bruchstücke der noch in der Tangzeit zerstörten Gebäude als Baumaterial dienten. Die ebenfalls zerstörten Reste der Qingzeit werden jetzt abgetragen, um die tangzeitlichen Fundamente freizulegen. Die Arbeiten sind schon weit gediehen.

Auf der Rückfahrt Zwischenstopp in der Nähe des Flughafens. In einer ehemaligen Siedlung einer aufgelassenen Fabrik ist ein weiteres Depot des Arch. Instituts untergebracht. Dort werden die Bruchstücke der Gesandtenfiguren aus Zhaoling aufbewahrt sowie einige sehr schöne und fein gearbeitete Stirnziegel und Bauelemente. Die Steinfiguren sind sehr schön, wenn auch ziemlich fragmentiert. Die erhaltenen Köpfe konnten noch nicht zugeordnet werden. Die Arbeiten daran dauern noch an.

(An der Wand einer der Baracken hängt das ungegerbte Fell eines großen Hundes; die Arbeiter spielen mit einem kleinen Welpen, der offensichtlich zu derselben Familie gehört.).

Abends Einladung in die Nordwestuniversität zum Abendessen von verschiedenen Vertretern der Departments für Archäologie / Konservierung und internationale Zusammenarbeit. Der Studiengang Konservierung bekommt bald neue Labors.

5. April

09:00 Abfahrt zur von **Famensi** und nach **Yangling**.

Frau Pleiger möchte eine größere Gruppe Figuren aus Yangling als Beispiel für die Handynastie ausleihen. Ihr wird eine Gruppe von ca. 100 Stücken angeboten - ?

Frau Blänsdorf fährt an diesem Tag nach Lintong ins **Museum der Terrakottaarmee**.

Programm sind:

- die Begutachtung der gefestigten Fragmente und Figuren
- Besprechung des Aufenthalts von Hrn. Luo
- Besprechung eines Arbeitsprogramms für den Aufenthalt im Sommer (Protokoll 5)
- Erstellung eines Entwurf für eine Liste für die Auswahl der Objekte (Protokoll 6)

Herr **Luo** braucht dringend eine aktualisierte Einladung. Als Wunschdaten gibt er 10. bis 25. 7. 2004 an. Mit ihm werden Herr Zhang Yinglan (beim Mittagessen anwesend) und Herr Guo Xiangdong reisen. Die Termine passen auch Fr. Greiff und Herr Koob, so dass die drei Herren während dieser Zeit auch Darmstadt (1 oder mehrere Tage) und Mainz (1 Tag) besuchen können.

An den **Fragmenten** haben sich keine dramatischen Veränderungen ergeben. Sie lagern nach wie vor in den Plexiglasboxen. Nach dem Photographieren wurde versucht, die PEG-behandelten und die Plex-behandelten Fragmente zu trennen, da jetzt auch die mit PEG behandelten Stücke extrem nach Plex riechen: Sie waren in derselben Kiste gelagert wie die 2003 mit Plex gefestigten Stücke, welche offensichtlich nicht oft gelüftet wird. Der im Herbst 2002 gefestigte Kopf ist jetzt auf dem dazu gehörigen Körper montiert und zeigt keine Schäden. Fragmente und Figuren befinden sich in dem klimatisch sehr ungünstigen Raum auf der Südseite des Gangs (letzter Raum in Ostrichtung). Im Sommer wird es dort sehr warm, ausserdem regnet es an einer Ecke seit Jahren herein. Es ist geplant, die Figuren und die Fragmente in einen Raum auf der Nordseite zu bringen, der noch nicht fertig ist (hoffentlich noch vor Sommerbeginn). Im neuen Labor 1, das für polychrome Figuren gedacht ist, werden jetzt frisch ausgegrabene buddhistische Stelen und Figuren aus der Späteren Zhou-Dynastie (ca. 950-960) verwahrt, die hier konserviert werden sollen. Sie gehören dem Stelenwaldmuseum. Die Figuren haben eine sehr schöne Polychromie mit reichen Glanzvergoldungen. Eine Sandsteinstele mit zahlreichen kleinen Figuren (1000 Buddhawand ?) ist durchfeuchtet und sandet stark. Dafür soll Funcosil 300 eingesetzt werden.

Anwesend war an diesem Tag Xia Yin, der zahlreiche Untersuchungen an hanzeitlichen Farbfragmenten macht und auch die Maltechnik der Terrakottakrieger studiert hat. Die Ergebnisse sind in einem internen Bericht zusammengestellt, von dem es aber aus Sparsamkeitsgründen nur zwei Exemplare gibt (das eine hat Zhang Z., hat es aber nicht gezeigt). Die Maltechnik soll noch einmal ausgiebig im Sommer während des Aufenthalts der deutschen Kollegen in Lintong diskutiert werden. Weiterhin waren Zhou Tie und Rong Bo anwesend. Im Haus waren auch Yan Shumei, Nie Li, Wang Dongfeng, zeitweise Zhang Zhijun, Zhang Shangxin, Zhao Kun.

Am Nachmittag wurde über das Programm des nächsten Aufenthalts gesprochen. Ein Entwurf für eine **Wunschliste für die Ausstellung 2006** wurde anhand einiger Ausstellungskataloge erstellt und am Abend noch mit Frau Pleiger und Frau Zorn besprochen. Die Liste hat Frau Greiff bekommen. Änderungen und Ergänzungen können noch vorgenommen werden. Die Liste soll Anfang Juni dem Ministerium für Kulturgüterschutz vorgelegt werden (Entwurf siehe Anhang).

6. April

09:00 Besichtigung des **Historischen Museums** der Provinz Shaanxi (Provinzmuseum) und des Wandmalereiendepots. Empfang durch Vizedirektor Prof. Zhou Tianyou, der an der Xibei daxue studiert hat und seit 1995 am Museum arbeitet. Er erzählt, dass es ein neues Projekt mit

den Italienern gibt, die eine neue, unterirdische Ausstellungshalle für Wandmalereien bauen werden (auf der Ostseite des Museumsgeländes). Vor der Eröffnung wird eine Konferenz über Wandmalereien stattfinden. Herr Daim möchte für die Ausstellung eine tangzeitliche Wandmalerei ausleihen.

Im Wandmalereidepot kann man zuerst die oft für Besucher gezeigten Malereien besichtigen, die aus Gräbern tangzeitlicher Prinzen und Prinzessinnen stammen (ausländische Gesandte, Polospieler, Jagdszenen, Stadttor). Nach einiger Diskussion zieht der Depotverwalter auch noch weitere Schiebewände heraus, obwohl sie das eigentlich nicht mehr tun, da die Erschütterungen durch die Rollen auf dem Boden an den Malereien Schäden verursachen. Schließlich können wir sogar in den eigentlich abgesperrten Teil gehen, in dem auch viele noch nicht konservierte Wandmalereien aufbewahrt werden.

In der Ausstellung sind an Objekten aus dem QinShihuangling und den Palästen: Bauelemente aus Xianyang; Ziegel vom Mausoleum (Stirnziegel, Dachziegel, Wandziegel, Hohlziegel), zwei Tierpfleger, eckiger und runder *dou* (Scheffel), Tonggewicht, (verschiedene Keramikstücke), evtl. Tier aus zwei Hälften zum Befehle überbringen).

Fr. Blänsdorf macht einen Abstecher ins Technische Zentrum, in dem sie Herrn He Lin, Herr Qi Yang, Herr Bai Chongbin und Frau Dang trifft. Mittagessen in einem moslemischen Selbstbedienungsrestaurant, zu dem auch die Mitarbeiter des Technischen Zentrums mitkommen, Frau Zhang Xiaorong kommt nach. Ma Tao ist in diesen Tagen gerade in Beijing, so dass wir ihn nicht treffen.

Besichtigung der Werkstätten, der Ausstellung und der Depots im **Archäologischen Institut**. Für die Ausstellung soll nach Möglichkeit auf die Objekte in den Depots des Archäologischen Instituts zurückgegriffen werden. (Objekte in der Schausammlung ??).

Abends als Abschlussbankett großes Maultaschenessen im Jaozi-Restaurant am Glockenturm.

7. April

06:00 Abfahrt zum Flughafen und Flug nach Beijing. Ankunft gegen 9:30 und Fahrt ins Hotel (Yu Yang Hotel in der Nähe der Dongzhimenwai dajie, Nahe der deutschen Botschaft). Im Hotel Treffen mit Herrn Minister Zhang Tinghao und Besprechung in einem Raum des Hotels (Protokoll 3).

Nach dem Mittagessen zwei Stunden zur freien Gestaltung (Herr Daim und Herr Egg besuchen das Nationalmuseum und den Tiananmen; Frau Greiff und Frau Blänsdorf genießen Sonne, Kaffee und Ruhe am Hou Hai).

Abendessen in einem sehr schönen und beliebten Restaurant in einem alten Haus (Hua Jia Yi Yuan, Dongzhimen neidajie 235, Dong cheng District). Außer Zhang Tinghao nehmen Herr Han wei, früherer Direktor des Arch. Instituts und Herr Chen Zongcheng, Vizevorsitzender des Zentralkomitees der Chinesischen Demokratischen Partei der Bauern und Arbeiter (früher Minister in Shaanxi und ebenfalls Studienkollege von Zhang Tinghao an der Xibei daxue).

8. April

Rückflug von Beijing nach Deutschland.

Bericht über die Dienstreise nach Lintong, 31. 5. bis 24. 6. 2004

mit anschließender Teilnahme an der Tagung der Getty-Stiftung in Dunhuang, 27. 6. –2. 7. und der Post Conference Tour, 3.- 13. 7. 2004

Im Jahr 2004 finden zwei Arbeitsaufenthalte deutscher Kollegen in China statt. Bei dem ersten Aufenthalt im Juni 2004 waren Daniela Bathelt, Sandra Bucher und Catharina Blänsdorf in Lintong bei den Projektpartnern im Labor des Museums der Terrakottaarmee des Ersten Chinesischen Kaisers Qin Shihuang. Frau Bucher arbeitete auch mit den Kollegen des Archäologischen Instituts zusammen, die für die Ausgrabung und Restaurierung der Steinpanzer aus der Grube K9801 zuständig sind.

Die Schwerpunkte der Arbeiten in Lintong waren:

I Arbeiten zu Konservierung und Technologie der Funde

- Dokumentation der farbigen Fassungen an den knienden Bogenschützen aus Grube 2, T21G18 und an Farbfragmenten in Erde aus dem Depot des Museums (überwiegend Grube 1)
- Analyse der Zusammensetzung einiger noch nicht bekannter Farbnuancen dieser Fassungen mittels PLM
- Begutachtung der in Lintong gelagerten farbigen Fragmente mit gefestigter Farbfassung (1998-2003)
- Bergung eines Kalksteinpanzerfragmentes mit der von Sandra Bucher modifizierten Bergungsmethode
- Erstellung eines Klimaprofils mittels der klimatischen Daten, die von den chinesischen Kollegen in den letzten Monaten in den Gruben, Arbeitsräumen und Depots aufgenommen wurden

II Vorbereitung für die Ausstellung 2006

- Zusammenstellen von Informationen über Gräber und Paläste des Qin-Königreichs und der Qin-Dynastie; Begutachtung und Vorauswahl von Objekten; Erstellung einer provisorischen Objektliste
- Begutachtung der farbig gefassten knienden Bogenschützen hinsichtlich Transport nach Deutschland
- Diskussion über die Anfertigung einer Kopie eines farbgefassten Kriegers (Terrakotta, Lackieren, Bindemittel, Transport)

III Besuche und Koordination innerhalb des Projektes

- Diskussion über die Fortführung der gemeinsamen Arbeiten im Projekt
- Planung für den Arbeitsaufenthalt der chinesischen Kollegen in München
- Besuch von Prof. Langhals in Lintong (15. bis 21. Juni)
- Vorstellung des Projektes vor der Delegation des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung
- Mitwirken bei Filmarbeiten des ZDF unter der Leitung von Joachim Holtz, der die Arbeit deutscher Projekte in China zeigen möchte
- Übersetzung eines Artikels von Prof. Langhals ins Chinesische

Überblick über die wichtigsten Termine während des Aufenthalts

Arbeitsaufenthalt in Lintong

1. Juni Ankunft von Daniela Bathelt und Catharina Blänsdorf. Am Flughafen abgeholt von Li Hua und Wang Weifeng. Übernachtung, wie gehabt, im Jin Quan-Hotel in Lintong, das mittlerweile ziemlich heruntergekommen und schmutzig ist. Am 2. Juni erstes und letztes Frühstück im Hotel.
2. Juni Besprechung der über die Planung für diesen Aufenthalt und den der Chinesen mit Zhao Kun, Zhou Tie, Zhang Zhijun, Xia Yin, Zhang Shangxin, Li Hua, Wang Weifeng
Besprechung mit Zhang Yinglan über Fragen rund um die Ausstellung
Xia Yin kopiert den Film von Youki Vattier für das Museum der Terrakottaarmee
- 3./4. Juni Aufräumen und Neuorganisation des ehemaligen Arbeitsraumes, der für den Rest des Aufenthalts als Projektraum dient
11. Juni Filmaufnahmen für das ZDF unter Leitung von Herrn Holtz
12. Juni Besichtigung des Lintong County Museums (Qin-Fundstücke für Ausstellung)
13. Juni Ankunft von Sandra Bucher in Lintong, die ab Montag (14. 7.) die Arbeit aufnimmt.
Xia Yin hilft ab dann bei der Steinpanzerbergung
15. Juni Daniela Bathelt und C. Blänsdorf wegen Ausstellung im Cultural Relics Bureau bei Herrn Jin (Übersetzung Zhang Zheng) und Besuch im Archäologischen Institut. Dort ist ein mingzeitlicher Sarg mit wassergesättigtem, Holzkern und dicker, wunderschöner Lackbemalung auf Grundierung eingelagert, der irgendwie konserviert werden sollte.
Kauf der Flugtickets nach Dunhuang bei Hr. Zhou (Mann von Hou Gailing)
Abends Ankunft von Prof. Langhals
17. Juni Begutachtung der Fragmente buddhistischer Steinskulpturen, an denen Rong Bo und Studenten jetzt arbeiten (im großen Raum des neuen Labors)
18. Juni Termin im Archäologischen Institut bei Duan Qingbo (Übersetzung Hou Gailing) wegen Qin- und Vor-Qin-Zeit
19. Juni Einkaufen in Xi'an: Fachbücher über Qin-Zeit in dem Buchladen für Archäologie und Geschichte (südlich der *Xi dajie* / westlich der *Nan dajie*); Computerprogramme und Zubehör (u.A. Übersetzungshilfe englisch-chinesisch); Pigmente und Bindemittel in der *Shuyuan lu*, wo die Auswahl mittlerweile enttäuschend eingeschränkt und kaum noch lohnend ist
20. Juni Fahrt nach Xianyang, organisiert von den chinesischen Kollegen, mit Wang Dongfeng. Sandra Bucher wohnt für die letzte Woche in Xi'an (Tang hua Garden Hotel an der Da Yanta) mit Benno und William Fiuza
21. Juni Abreise von Prof. Langhals
23. Juni Besuch der Delegation des Bundestagsausschusses
25. Juni Übersiedelung nach Xi'an von Daniela Bathelt und C. Blänsdorf

I Arbeiten zu Konservierung und Technologie der Funde

Dokumentation farbiger Fassungen der Terrakottakrieger

Figuren aus der Terrakottaarmee mit erhaltener Farbfassung beschränken sich im Wesentlichen auf die knienden Bogenschützen aus Grube 2, T21G18, einem Abschnitt, der im Sommer 1999 ausgegraben wurde und aus dem 8 oder 10 Figuren geborgen wurden. Drei der Figuren befinden sich weiterhin im Labor: Die Figuren 4 (grünes Gesicht), 7, und 8 sowie ein zusätzlicher Kopf, die anderen werden im Terrakottadepot im Keller aufbewahrt. Insgesamt sind es 10 Figuren, an denen noch mehr oder weniger viel Farbe erhalten ist (zwei nur fragmentarisch).

Zusammen mit Xia Yin wurde ein Konzept erstellt, wie die Farbfassung dokumentiert werden soll. Insgesamt sollen für alle 10 Figuren angelegt werden

- Formblatt, evtl. mit ergänzender Beschreibung
- farbige Rekonstruktion mit Gouache auf Aquarellpapier
- Pigmentanalysen zumindest aller noch unbekanntes Farbtöne und der Mischöne, d.h. rosa / Inkarnate, helle Erdtöne, Violetts sowie mögliche weitere seltene Farbnuancen.
- Querschliffe von Schichten mit mehrschichtigem Aufbau

Als erstes wurde das tabellarische Formblatt entworfen, in dem für jede Farbpartie der Krieger Farbigkeit, Schichtaufbau, Zusammensetzung und Anmerkungen angegeben werden sollen. Umrisszeichnungen eines knienden Bogenschützen wurden für die Farbkartierung angepasst und auf Aquarellpapier ausgedruckt (je 4 Ansichten pro Krieger). Diese dienen für die farbigen Rekonstruktionen, zum Eintragen von Probeentnahmenstellen und zur Markierung von Schäden und gefährdeten Zonen (jeweils ein separater Ausdruck).

Farbige Rekonstruktionen wurden von den drei Figuren im Labor (Figur 4, 7 und 8) angefertigt. Für diese sind auch die beschreibenden Teile (optische Untersuchung) der Formblätter komplett ausgefüllt. Für die Figuren im Kellerdepot wurde die Beschreibung begonnen. Da jedoch wegen fehlender funktionsfähiger Steckdosen keine Lampe anzuschließen war, sollten die Angaben noch einmal überprüft werden. Da das Depot sehr staubig ist, und auch die Fenster nicht dicht sind, sind alle Oberflächen inkl. der Farbfassungen relativ dick mit Feinstaub belegt. Dies erschwert zusätzlich das Erkennen der Farben. Die Figuren sollten möglichst bald eine zumindest provisorische Abdeckung erhalten, um ein weiteres Einstauben zu verhindern. (Auf den in Folien eingeschweißten Farbfragmenten liegt so viel Staub, dass man nicht mehr durchsehen kann. Die schützenden Hüllen sind zumindest z. T. nicht älter als 5-8 Jahre).

Xia Yin hat die Pigmentbestimmung einzelner Farbtöne mittels PLM begonnen. Dabei ergab sich, dass der helle Farbton, der zwischen weiß, grau, gelblich und grünlich schwankt und relativ oft vorkommt, aus einer hellen tonhaltigen Erde besteht. Dieses Ergebnis wurde mittlerweile in München mittels XRD bestätigt.

Die Fertigstellung der Beschreibungen, Probennahmen und Pigmentbestimmungen ist für den nächsten Arbeitsaufenthalt im September geplant. Da die Querschliffe der letzten Jahre nicht mehr aufzufinden sind, sollen jetzt nochmals systematisch neue angefertigt werden, die dann in geeigneter Weise archiviert werden. Es wurde überprüft, dass das Eingießharz („Technovit“), obwohl der Packung zufolge bereits abgelaufen, noch verwendbar ist.

Aufgewendete Arbeitszeit pro Figur: Untersuchung mind. 4 Stunden, Farbrekonstruktion: ca. 8 Stunden für alle vier Ansichten.

Dokumentation von Farbfragmenten in Erde

Weiterhin wurde eine Gruppe von 10 farbigen Fragmenten aus dem Terrakottadepot untersucht (B-0066, B-0067, B-0068, B-0069, B-0089, B-0090, B-0095, B-0101, B-0111, B-

0114). Dabei handelt es sich um Fragmente der Bemalung, die in der Erde hängen geblieben ist. Die Erdbrocken sind heute in Gips eingebettet. Eine Referenzliste, welche die B-Nummern einzelnen Figuren zuweist, konnte noch nicht gefunden werden.

Für die drei Fragmente komplizierter Muster (B-0101, B-0111 und B-0114) kann eine Zuordnung anhand der Umzeichnungen im Ausgrabungsbericht Yuan 1990 versucht werden. B-101 stammt demnach von Grube 2, T9, Figur 1 (Yuan 1990, p. 296), B-0111 und B-0114 eventuell von der Einfassung des Panzerhemdes von Grube 1, T10G10:24, einem Offizier, der mitten in einer Truppe Fußsoldaten heute durch nichts besonders hervorgehoben erscheint. Die Muster wurden mit Gouache auf Aquarellpapier dokumentiert (neben Fotos), um die Farbtöne und die Muster darzustellen. Da die Farbfragmente kopfüber in der Erde eingebettet sind, sind die Muster z.T. noch von der darunter liegenden farbigen Unterlegung verdeckt. Sie konnten jedoch unter dem Mikroskop weitgehend im Verlauf festgelegt werden. Aus praktischen Gründen wurden die Muster so abgemalt, wie sie heute sichtbar sind, d.h. die Farbrekonstruktionen sind an sich spiegelverkehrt.

Aufgewendete Arbeitszeit: pro Muster ca. 8 Stunden inkl. Voruntersuchung.

Die einfarbigen Fragmente wurden in kleinen Musterkästchen farbig erfasst, die dazu dienen sollen, eine möglichst vollständige Sammlung vorhandener Farbtöne und Farbkombinationen zusammenzustellen. Die Farben wurden bei Tageslichtbeleuchtung nach den Originalen gemischt. Teilweise lässt sich allerdings nicht mehr erkennen, wie weit die Farben durch Erde, Staub oder Lackreste verändert ist. Dann wurden die Farben in ihrem heutigen Erscheinungsbild dokumentiert bzw. verschiedene Punkte derselben Partie erfasst. Diese Arbeiten wurden von Daniela Bathelt ausgeführt.

Arbeitsaufwand: ca. 20 Stunden inklusive Photodokumentation

Begutachtung der in Lintong gelagerten farbigen Fragmente mit gefestigter Farbfassung (1998-2003)

Die Kisten mit den Fragmenten befanden sich in dem vorderen Arbeitsraum auf der Südseite, in dem auch die polychromen Krieger stehen. Trotz Wasserschaden an der Decke und Sonneneinstrahlung ist das Klima ziemlich stabil und vergleichbar mit den Räumen auf der Nordseite. Für die Begutachtung und Fotodokumentation wurden die Boxen mit den Fragmenten in den ehemaligen Arbeitsraum von Rong Bo auf der Nordseite gebracht, der ein vergleichbares Klima aufwies. Am 23. 6. wurden die Boxen in den großen Arbeitsraum der neuen Labors umgesetzt (Nordseite, z.T. klimatisiert), wo sie bleiben sollen.

Am 2. Juni wurde das in Deutschland gefestigte und nachbehandelte Fragment 009/03 ausgepackt und somit dem Lintonger Klima ausgesetzt.

Arbeitsaufwand ca. 12 Stunden (2 Tage mit Unterbrechungen), inklusive Photodokumentation

Bergung eines Kalksteinpanzerfragmentes mit der von Sandra Bucher modifizierten Bergungsmethode

Als Test für die Dokumentation des Panzers in der Grube wurde im Labor versucht, Umriss auf eine straff gespannte, doppelt gelegte Hostaphanfolie zu übertragen. Trotz der einigermaßen zufriedenstellenden Ergebnisse wurde beschlossen, für die Grube eine Plexiglasplatte zu besorgen, da die Laufplanken unter dem Gewicht von 2 Personen soweit nachgeben, dass sich die Hostaphanfolie stark verzerren würde.

Am 9. Juni ist der nachbestellte PU-Schaum angekommen.

Erstellung eines Klimaprofils mittels der klimatischen Daten, die von den chinesischen Kollegen in den letzten Monaten in den Gruben, Arbeitsräumen und Depots aufgenommen wurden

Daniela Bathelt mit Li Hua: Es sind mittlerweile 12 Datalogger für die Klimamessung vorhanden, die über das gesamte Museumsgelände verteilt sind (Gruben, Hallen, außen, Arbeitsräume, Depoträume). Es wurde versucht, einen Plan mit den Standorten anzufertigen, und die gespeicherten Daten zuzuordnen.

Die gespeicherten Daten konnten mit unserem Computer nicht gelesen werden, da die Dateinamen chinesische Zeichen enthielten, die der Computer nicht interpretieren kann. Li Hua speicherte alle Dateien um. In Zukunft sollen für die Dateinamen nur noch englische Namen verwendet werden.

II Vorbereitung für die Ausstellung 2006

Begutachtung der farbig gefassten knienden Bogenschützen hinsichtlich Transport nach Deutschland

Die Begutachtung wurde von Daniela Bathelt und C. Blänsdorf durchgeführt. Dazu wurden in die Kopien der Kriegerzeichnungen Schäden und gefährdeten Partien der Farbfassung, Brüche in der Terrakotta und Stellen ohne Farbfassung (d.h. problemlose Berührungspunkte) markiert. Der gesamte Zustand und auch die Eignung für die Ausstellung hinsichtlich des optisch-ästhetischen Erscheinungsbildes wurden kurz dokumentiert. Insgesamt kommen demnach 7 der 10 Figuren in Betracht. Die anderen drei haben zu wenig Farbfassung. Zu zweit geht diese Arbeit ziemlich schnell. Für die Begutachtung von 4 Figuren im Depot, wieder ohne Lampe, stand allerdings nur 1 Stunde zur Verfügung, da für die beiden Damen dort von 10:45 bis 14:30 Mittagspause ist und eigentlich nur morgens das Depot besucht werden kann (max. 9:00-10:45).

Ergebnis dieser Begutachtung war, dass die Figur mit dem grünen Gesicht (no. 4) sicherlich die attraktivste Figur ist, da die Farbfassung so gut erhalten ist, das Gesicht kaum Schäden aufweist, recht sorgfältig freigelegt ist und es eine Skulptur von hohem künstlerischem Wert ist. Es gibt allerdings kaum Berührungspunkte, die für eine Transportfixierung in Frage kämen. Gurte und großflächigere Abstützungen scheiden auf jeden Fall aus.

Die beiden weiteren Figuren im Labor, no. 7 und 8, wären einfacher zu verpacken, haben aber mehr und gravierendere Schäden, vor allem auch in den Gesichtern.

Dies gilt in noch stärkerem Maße für die vier weiteren Figuren im Depot (no. 3, 4, 5, 6). Figur no. 6 ist stark zerbrochen, die Fugen sind nicht gekittet, was interessant sein könnte, um die Schäden zu zeigen. Sie ist mit einem Glassturz geschützt. Die anderen sind nicht abgedeckt und deshalb auch verstaubt. Alle Figuren haben relativ starke Schäden in der Fassung der Gesichter.

Bei allen Figuren sind Lockerungen der Farbschicht, aufstehende Ränder der Lackschicht und kleine abgefallene Farbschollen zu beobachten. Eine Nachfestigung ist in allen Fällen erforderlich, am besten schon, bevor die Figuren innerhalb des Museums bewegt werden. Versuche dazu sind für den Aufenthalt im Herbst geplant.

Diskussion über die Anfertigung einer Kopie eines farbgefassten Kriegers

Die Frage wurde in den beiden Diskussionen am 2. und am 24. Juni angeschnitten. Dabei kam eigentlich nichts Neues heraus. Die Chinesen haben weder zur Terrakotta, noch zur Frage der Lackierung etwas herausgefunden. Sie sagten jetzt zu, sich nach anderen qinzeitlichen Fassungspuren umzusehen, an denen man versuchen könnte, das Bindemittel zu identifizieren.

Eigentlich hätte auch ein Besuch der Kopienwerkstatt stattfinden sollen, musste aber aus Zeitmangel entfallen. Er wird im September nachgeholt.

III Besuche und Koordination innerhalb des Projektes

Diskussion über gemeinsame Arbeiten im Projekt

Erste Diskussion am 2. 6., Abschlussdiskussion am 24. 6.

Während dieses Aufenthalts war in erster Linie Xia Yin für die deutschen Kollegen zuständig, unterstützt von Li Hua und Wang Dongfeng.

Xia Yin hat sich auf die Pigmentbestimmung spezialisiert und bekommt mittlerweile auch Anfragen von außen. Li Hua ist für Meidi-Sprühen und Klimamessungen zusammen mit Rong Bo zuständig. Wang Weifeng soll sich den Umgang mit dem Colorimeter einarbeiten. Wang Dongfeng befasst sich mit Fragen um Ausstellungen wie Klima und Transport. Rong Bo arbeitet an dem Fragment einer buddhistischen Steinskulptur und steht nicht zur Verfügung. Zhang Zhijun war ab dem 5. 6. für 2 Wochen in Korea (wegen der Ausstellung dort). Zhang Zhijun und Zhou Tie scheinen nicht mehr an praktischen Arbeiten teilzunehmen. An der Konservierung der beiden zuletzt konservierten Terrakottafiguren haben Xia Yin, Li Hua, und zuvor Rong Bo und ? (Ma Yu ?) gearbeitet.

In Grube 2 werden zur Zeit keine Ausgrabungen durchgeführt. Der Gang von T21G18 ist leer, ansonsten ist die Situation wenig verändert. Aus K4 sind einige Figuren herausgenommen worden. Daniela Bathelt lernt den derzeit für Grube 2 zuständigen Archäologen Shao Wenbin 劬文斌 kennen. Die Grabungen sollen jedoch fortgesetzt werden, so dass es in Zukunft wieder Fragmente geben könnte. Ein Zeitplan scheint aber nicht bekannt zu sein.

Das Labor hat einen Jahresbericht für 2003 erstellt, den die Deutschen gerne hätten, aber auch dieses Mal klappt es irgendwie nicht, ein Exemplar zu bekommen.

Als Kontaktpersonen für Informationsaustausch im Projekt sollen Xia Yin und Rong Bo zur Verfügung stehen. Auch Zhou Tie gibt seine email an (zhoutie_258@hotmail.com).

Nach der Aufräumaktion in Rong Bo's ehemaligem Arbeitsraum wurde mit Xia Yin eine Liste aller im Projekt gekauften Geräte erstellt (mit Ausnahme derer, die bei der Neueinrichtung der Labors gekauft wurden, da diese bereits erfasst sind). Die Liste wurde auch ins Chinesische übertragen (im Nachhinein tauchten noch weitere Dinge im Depot auf, so dass die Liste nochmals überprüft werden müsste; englische Version liegt in München vor). Die Frage, welcher Raum oder Teil eines Raumes dem Projekt zum Arbeiten und Verstauen der projekteigenen Materialien und Geräte zur Verfügung stehen könnte, konnte nicht abschließend geklärt werden. Vermutlich soll ein Teil des großen Arbeitsraumes dafür genutzt werden. Xia Yin hat versprochen, den Umzug (geplant für August) zu überwachen. Die deutschen Kollegen informieren über den Stand der Planungen für die Ausstellung, die Jubiläumspublikation, Termine und Arbeiten in München.

Die Frage, was für die Einrichtung einer Metallwerkstatt sinnvoll sein könnte, wird am letzten Tag kurz mit Zhou Tie angesprochen. Sie wollen zwei Räume zusammenlegen und für vier Leute Arbeitsplätze schaffen. Es sieht eher nach einem mittelfristigen Projekt aus, auch die Objekte sind nicht recht klar (Zhou Tie spricht von den Bronzefunden im Depot). Momentan wird nicht an Metallobjekten gearbeitet. Ma Yu und Hr. Liu, die anscheinend jetzt in der Metallrestaurierung arbeiten sollen, waren allerdings auch die ersten beiden Wochen nicht da.

Planung für den Arbeitsaufenthalt der chinesischen Kollegen in München

Nach Deutschland kommen dieses Jahr: Li Hua, Xia Yin, Wang Weifeng, Wang Dongfeng. Als Termine wurde Mitte Oktober bis Ende November festgelegt (mittlerweile auf 23. 10 bis 6. 12. verschoben).

Als Programmschwerpunkte nannten die vier Fassungsuntersuchen (Xia Yin); künstliche Alterung mittels Klimaschrank und Erstellung einer Datenbank über das Alterungsverhalten von Festigungsmitteln (Wang Weifeng), Festigung der Farbfassung mit „anderem PU“ (PU-Ersatzmittel wie Acrylate ?) und erste Einführung in Metallographie (Li Hua), Problematik des „Museum Environment“ und Transport (Wang Dongfeng). Die Frage nach der Fortsetzung der Versuche zur Klebung der Terrakottafiguren löste wenig Begeisterung aus. In Hinblick auf die Restaurierung der Steinpanzer wollen sie sich verschiedene Möglichkeiten in München ansehen und dann die Infos mit nach China nehmen.

Vorstellung des Projektes vor der Delegation des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung

Vorbesprechung am 22. 6. im Hyatt Xi'an mit Herrn Keune, Nachfolger von Herrn Abel, Christian Eckmann und Uwe Hertz, Daniela Bathelt und C. Blänsdorf. Voraus geht einiges Chaos, da das Terrakottaarmeemuseum bzw. Herr Zhao Kun offensichtlich nicht offiziell benachrichtigt worden sind oder dabei etwas schief gegangen ist.

Der Besuch findet am 23. 6. statt. Die Delegation besucht zunächst das Museum der Terrakottaarmee und anschließend die Werkstätten des RGZM im Archäologischen Institut.

Zu der Delegation gehören:

Ulrike Flach, Ausschussvorsitzende; Dr. Carola Reimann, Helge Reinhold Braun, Grietje Bettin, Dr. Ernst-Dieter Rossmann, Axel E. Fischer, Friedhelm Kappenstein, Ordentliche Ausschussmitglieder und Herrn Rupprecht Mayer als früherer Dolmetscher der deutschen Botschaft Beijing für die Übersetzung zuständig. (Beruflich sind die Ausschussmitglieder Arzt, Elektrotechniker, Mikrobiologe, Psychologe...).

Der Besuch im Museum der Terrakottaarmee beginnt mit einem gemeinsamen Mittagessen im neuen Restaurant, dann folgt nach einem Empfang durch Luo Wenli eine Führung durch die Hallen 1, 2 und 3 und die Bronzekutschen. Anschließend ist noch eine dreiviertel Stunde für die Labors vorgesehen. Die Ausschussmitglieder sind durchaus kritisch in ihren Fragen, aber nicht nur interessiert, sondern auch angetan von der Ergebnissen der Zusammenarbeit.

Mitwirken bei Filmarbeiten des ZDF unter der Leitung von Joachim Holtz

Am 11. Juni kommt das ZDF Team für einen Tag zum Filmen ins Museum der Terrakottaarmee. Es besteht aus Joachim Holtz (Leiter; holtz.j@zdf.de, tel (010) 6532.3147, fax (010) 6532.1151), Elke Rohmer (Assistentin), Daniel ... (Kamera) und einem chinesischen Mitarbeiter (Ton). Nach kurzer Besprechung folgt ein ganzer Tag mit Aufnahmen: die Pigmentuntersuchungen im hergerichteten Raum des Labors mit den deutschen Kollegen und Li Hua, den farbigen Fragmenten im neuen Großraumatelier und den farbigen Kriegern und dem Steinpanzer im gegenüberliegenden Raum. In der Grube 1 filmen sie die Gruppe im Areal der Terrakottarestaurierung. Gegen 1000 RMB pro Minute dürfen sie in Halle 1 filmen, allerdings nicht die Grube betreten. Nachdem penibel 60 Sekunden aufgenommen sind, erfahren sie, zurück im Labor, dass Herr Wu ihnen ausnahmsweise die Gebühr erlässt (als Geschenk an die Kooperation).

Getty Tagung in Dunhuang

27. Juni Abflug nach Dunhuang um 7:30 morgens. Zhang Zhijun und Zhou Tie kommen ebenfalls nach Dunhuang sowie Xia Yin, der Ko-Autor von Sandra Bucher ist. Aus Xi'an sind weiterhin dabei: Ma Tao und ein Kollege aus dem Technischen Zentrum und Yang Mangmang vom Archäologischen Institut, außerdem Rocco Mazzeo von der Universität Bologna/Ravenna, der in einem Projekt mit dem Technischen Zentrum arbeitet
28. Juni – Vortragsprogramm. Am 1. Juli halten Zhang Zhijun (Erdkonservierung), Daniela Bathelt (Farbfassungskonservierung / Elektronenstrahlmethode), Sandra Bucher (Steinpanzerbergung) und C. Blänsdorf (Shuilu'an) ihre Vorträge.
2. Juli Am 2. Juli stellt Yang Mangmang die Konservierung einer abgenommenen Wandmalerei vor. Für uns überraschend hält Zhou Tie noch einen Vortrag (Farbfassungskonservierung) anstelle eines ausgefallenen Redners.
- Besichtigungs- 29. Juni: abends: Grottenbesichtigung (2 Std.); 1. Juli: abends Crescent Lake und
programm Sanddünen; 3. Juli: Fahrt zu den Yulin-Grotten

Getty Tagung Post Conference Tour

3. Juli Bus nach Anxi; Nachtzug von Liyuan (Zugstation von Dunhuang) nach Turpan
4. Juli Turpan: Emin-Minarett, Karez Museum (Bewässerungsanlagen)
Besichtigung von Jiaohe (Stadtruinen von Han-Zeit bis 14. Jh. auf Hügel über Flusszusammenfluss)
5. Juli Tuyuk-Grotten (Mekka Chinas in den Flaming Mountains), Besichtigung von Gaochang (tangzeitliche Stadtanlage mit Stadtmauern mitten in der Wüste); Turpan Museum; Grape Valley mit uigur. Volkstanz
Geburtstagsfeier für Kathleen Louw, Organisatorin von Getty für die Konferenz
6. Juli Abfahrt von Turpan; Beziklik Grotten, Astana Gräber (Tang); Fahrt nach Urumqi per Bus: In Urumqi Besuch des Xinjiang Autonomous Region Museum (im Umbau). Flug nach Kuqa misslingt wegen Sandsturm, deswegen Rückkehr nach Urumqi
7. Juli Fahrt zum Heavenly Lake (alpin, grün, Essen in Jurten); Flug nach Kuqa
8. Juli Fahrt zu Simsim-Grotten (in Jeeps); Weiterfahrt zu den Subashi Ruinen; zurück nach Kuqa: Kuqa Museum und Moschee; Reste der Stadtanlagen des Qiu-Königreiches
9. Juli Kumtura-Grotten (Eselskarren; Wanderung durch Fluss; perfekt erhaltene Kuppelmalereien); Freitagsmarkt in Kuqa (großer Basar über Teile der Neustadt)
10. Juli Secret Canyon (auf dem Weg Baustelle kurz vor „Potala“-Felsen in den „Chocolate Halva“-Bergen); Wanderung durch den Canyon, Besichtigung der Ay Grotte (Ming); Rückfahrt mit Baustellenchaos und wüstenpistenerproblem Minibus: Kizilgaha: hanzeitlicher Signalturm und Grotten
11. Juli Kizil-Grotten, westlicher und östlicher Teil
12. Juli Rückflug nach Urumqi
13. Juli Flug nach Beijing; Rückflug nach München: S. Bucher am 13. 7., Bathelt/Blänsdorf am 15. 7.

Prof. Dr. Heinz Langhals
DEPARTMENT CHEMIE
UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Butenandtstr. 5-13 (Haus F), D-81377 München
Tel. (089) 2180-77699, Fax 2180-77640, -77700

_____ LMU
Ludwig_____ **LMU**
Maximilians—
Universität___
München_____

5. April 2006

BERICHT

Zur Reise nach Linton bei Xi'an vom 18.6.2004 bis 23.6.2004 - Chinaprojekt

Zusammenfassung

Als Schwerpunkt der Reise war die Überprüfung der Dauerhaftigkeit der Festigung von Terrakotta-Fragmenten geplant, sowie ein Vergleich der Alterungsprozesse der in München und Lintong gelagerten Fragmente. Darüber hinaus sollte speziell nach organischen Materialien gesucht werden, die bisher nur wenig Beachtung gefunden hatten. Das ursprüngliche Arbeitskonzept musste aber erheblich erweitert werden, weil eine Vielzahl von in Gips gefassten Fundstücken aus Lehm zur Verfügung standen, an denen die Farbfassung der Terrakotta hing, so dass sie als Abdruck die ursprüngliche Farbfassung sehr genau wiedergeben.



Abb. 1. Derzeitiger Zustand der Funde in Grube 2.

Bericht

Während des Aufenthalts erfolgte zunächst eine eingehende Inspektion der Grube 2 (Abb. 1 links), die durch eine Inspektion der Grube 1 ergänzt wurde. An den Figuren sind noch einige Farbreste vorhanden (Abb. 1 rechts); durch Kunststoff-Folien bzw. Tüten sollen sie vor der Austrocknung geschützt werden.



Abb.2. Links: Farbfassung und Lack an Lehmklumpen in Grube 2. Rechts: Zinnober- und Weißpigment-Reste.

An einigen Lehm-Klumpen in der Grube haftet Lack und Farbfassung, siehe Abb. 2 links. Das Zinnober-Pigment zeichnet sich dabei durch seinen leuchtend roten Farbton aus.



Abb.3. Links: intakte Pfeile in der Seitenwand der Grube 2. Rechts: stark korrodierte Pfeile.

In Grube 2 wurden zudem Pfeile gesehen, die noch in der Wand steckten. Einige von ihnen waren erheblich korrodiert (Abb. 3, links), andere noch erstaunlich komplett intakt (Abb. 3, rechts) und elastisch.



Abb.4. Links: Holzkohle-Reste von der Balkendecke in Grube 2. Rechts: Holzreste (Pfeil).

In der Grube 2 sind in erheblichem Maße Brandspuren an den Wänden (Ruß?). Balken sind an vielen Stellen vollständig zu Holzkohle umgewandelt, allerdings unter deutlich erkennbarer Erhaltung der Holzstruktur, so dass hierüber grundsätzlich noch weitere

Informationen über den Grubenbau zugänglich sind. An einer Stelle, vom Eingang aus gesehen links hinten, ist ein verkohlter Balken von ca. 20 cm Breite erhalten. Hier sind wahrscheinlich mehrere kg Holzkohle vorhanden; siehe Abb. 4, links.

Es hat auch den Anschein, dass auch noch intaktes Holz in der Grube vorhanden ist; eine Reihe kleinerer Stücke müssten hierfür genauer untersucht werden, um dies weiter abzusichern. Etwa auf halbem Weg zu der Fundstelle von Abb. 4 rechts ist auf der rechten Seite vom Weg über die Wände aus Stampflehm ein größeres Stück zu sehen (mehr als 25 cm lang), das sehr den Anschein von intaktem Holz erweckt; siehe Abb. 4, rechts, Pfeil. – Alle genannten Objekte aus Grube 2 sind ausgesprochen lohnend für weitergehende Untersuchungen.

Die Inspektion von Grube 1 diente zum Vergleich. An den Tonkriegern in dieser Grube sind nur noch kleinere Reste an Lack und an Pigmenten vorhanden. Der Zustand scheint sich aber nicht nennenswert weiter verschlechtert zu haben. Auch hier erfolgte eine photographische Dokumentation für einen Vergleich der Ergebnisse des Besuchs vor zwei Jahren. In der Grube 1 werden ca. 2 Festmeter Holzbalken gelagert, die in tadellosem Zustand sind – teilweise sehen die Flächen wie neu aus. Dieses Holz stammt von vor der Qin-Zeit und war bis vor Kurzem in Kontakt mit feuchter Erde. Das nahezu völlige Ausbleiben einer Zersetzung ist außergewöhnlich und bemerkenswert. Dieser Holzfund gehört zwar streng genommen nicht zu den Funden aus dem Mausoleum der Qin Shihuangdi, hat aber Bezug zu den dortigen Holzfunden. Es ist zu fragen, ob zur Qin-Zeit eine Konservierungsmethode bekannt war, die ein so langes intaktes Überdauern des Holzes ermöglichte. Der Fund der großen Holzbalken ist für eine Fragestellung dieser Art besonders attraktiv, da wegen der Größe des Fundes hier eine Probenahme unkritisch ist. Die daran zu entwickelnde Analytik kann dann gezielt auf die kleineren Funde aus der Qin-Zeit angewendet werden, denn hier besteht auch das Problem der langen Beständigkeit des Holzes in der feuchten Erde.



Abb.5. Abdrücke der Farbfassung im Lößboden; Malereien mit großem Detailreichtum.

Im Labor in Lintong standen eine ganze Reihe von Abdrücken von Farbfassungen im Lehm Boden, die in Gips gefasst waren, zur Verfügung. Diese wurden in Bezug auf die verwendeten Pigmente und die Malereien untersucht. Die Malereien, die durch diese Abdrücke wiedergegeben werden, zeichnen sich durch eine ungewöhnliche Detail-Vielfalt aus; siehe Abb. 5. Man hat hier den Eindruck, dass hoch motivierte Künstler mit einer Liebe zum Detail am Werke waren.



Abb.6. Abdrücke von Inkarnat (links) und schwarzem Pigment (rechts) im Lößboden.

Bei Abdrücken von Inkarnat war häufig rotes Pigment (Zinnober) mit Weißpigmenten übermalt (siehe Abb. 6, links), bei anderen Stücken war häufiger das Weißpigment mit Zinnober übermalt worden.

Auf einem dieser Lehmabdrücke war ein Schwarzpigment; siehe Abb. 6, rechts. Dieses bestand aus kleinen, runden, gleichmäßig geformten, schwarzen, Pigmentteichen mit einer engen Größenverteilung. Daneben waren in der Pigmentschicht etwa 1/3 doppelt so große dunkelblaue Teichen, ebenfalls mit einer engen Größenverteilung. Die Mischung beider Sorten an Pigmentteichen war sehr gleichmäßig auf die Oberfläche aufgezogen.



Abb.7. Abdrücke von Geflecht-Matten im Lößboden.

Unter diesen Lehm-Fundstücken waren auch Abdrücke von Geflecht-Matten; siehe Abb. 7. Die einzelnen Geflecht-Teile waren ca. einen haben cm breit und bestanden offensichtlich aus festem Material. Die Struktur hat Ähnlichkeit mit den heutigen Rattan-Geflechten.

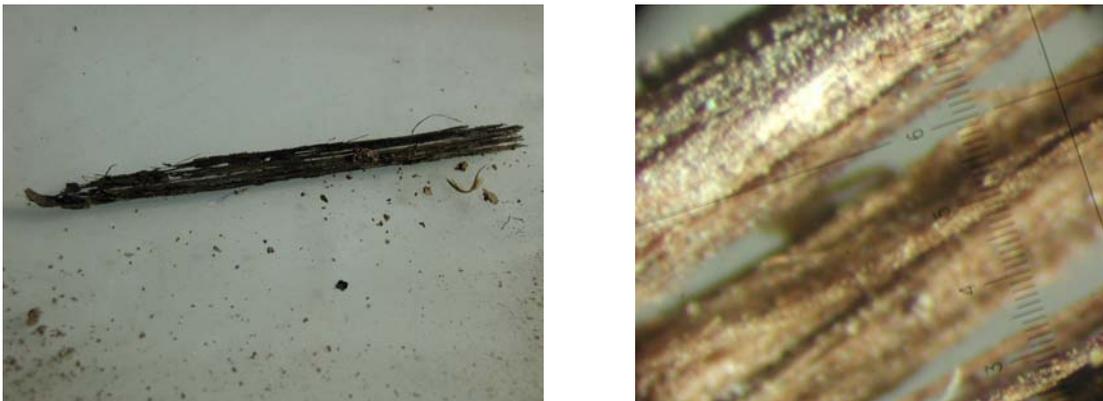


Abb.8. Fasermaterial. Rechts: Vergrößerung.

Organisches Fasermaterial war ebenfalls vorhanden; siehe Abb. 8 links und vergrößert Abb. 8 rechts. Wegen der kleinen Proben-Menge wurden hier aber keine weiteren Untersuchungen vorgenommen.

In den Gruben sind Ziegelsteine unterschiedlicher Größe verarbeitet worden. Die im Magazin aufgehobenen Stücke konnten näher untersucht werden. Es hat den Anschein, dass im Wesentlichen drei Größen verwendet worden sind, von denen Steine mit Abmessungen von 27.9 X 13.7 X 6.7 cm die größte Bedeutung hatten. Dies entspricht einer Fugenbreite von 5 mm. Die heutigen Ziegelsteine, auch in China (2140 g, $\rho = 1.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), haben das Normmaß 24 X 11.5 X 5.2 cm, sind also deutlich kleiner und auf eine breitere Fuge von 10 mm ausgelegt. Die Volumina der Ziegelsteine aus der Qin-Zeit sind damit um fast 80% größer als die der heutigen Ziegelsteine und damit sind die Steine erheblich schwerer. Dies ist in sofern bemerkenswert, da die Größe der heutigen Steine auf ergonomischen Gesichtspunkten beruht. Hiermit steht im Einklang dass die Ziegelsteine aus dem alten Ägypten nahezu die heutigen Abmessungen hatten (vgl. <http://www.lrz-muenchen.de/~volland/vhb/einblicke/wandbau.pdf>; 30.6.2004).



Abb.9. Festigung mit Elektronenstrahlen. Links: alterungsbeständiges Fragment
.Rechts: Fragment mit starken Glanzflecken.

Die mit Elektronenstrahlen gefestigten Fragmente der Tonkrieger, die in Lintong gelagert waren, wurden näher untersucht. Bei einem kleineren, dreieckigen Stück, Abb. 9 links, waren keine Veränderungen festzustellen. Bei anderen, insbesondere größeren Stücken, Abb. 9

rechts, traten z.Tl. stärkere Glanzflecken auf. Diese erscheinen bevorzugt an hervorstehenden Teilen der Fragmente, wie z.B. den Uniformknöpfen; es scheint hier eine Anreicherung durch einen Chromatographie-Effekt zu geben. Bemerkenswert ist, dass bei den in Deutschland gelagerten Fragmenten solche Flecken nicht auftraten. Deren Bildung scheint mit den feuchtheißen Sommern in Lintong zusammenzuhängen, da sie jeweils am Ende des Sommers erscheinen. Der Prozess kann zwei Jahre andauern. Wegen der langen Zeit für den Ablauf der Vorgänge ist eine direkte Reaktion des HEMAs wenig wahrscheinlich, denn Reste sollten in dieser Zeit abgedampft sein (Sdp. 226°C). Es ist eher wahrscheinlich, dass die Glanzflecken durch die im Festigungsmittel PLEX vorhandenen Crosslinker verursacht werden, deren Siedepunkte erheblich höheren liegen. PLEX enthält neben der Hauptkomponente HEMA die Crosslinker, damit die Festigung effizienter erfolgt. Die Untersuchung der Festigungsreaktion und insbesondere die Beteiligung der Crosslinker soll daher bei den kommenden Arbeiten in München eine zentrale Stellung einnehmen. Hierfür sollen zum einen geeignete Modell-Verbindungen synthetisiert und zum anderen die Elektronenstrahlhärtung von Probe-Mischungen von Monomeren auf Terrakotta-Probebränden eingehend untersucht werden. In einem zweiten Schritt ist die Übertragung der Ergebnisse dieser Arbeiten auf Terrakotta-Fundstücke geplant.



Abb.10. Panzer aus Kalksteinplättchen, links und Detail-Aufnahme, rechts.

Während des Aufenthalts in Lintong wurde ein Panzer aus Kalksteinplättchen erfolgreich geborgen; siehe Abb. 10. Chemische Aspekte bezüglich der Bergungsmittels wurden diskutiert. Bodenproben wurden direkt über und unter dem geborgenen Panzer entnommen und stehen für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Auf die Proben hat zwar Ethanol und Cyclododecan eingewirkt, dies sollte aber für weitergehende Untersuchungen von untergeordneter Bedeutung sein.

In einem weiteren Schwerpunkt konnte das Lager des Bingmayong-Museums aufgesucht werden. Es wurden hier eine Vielzahl von Lackabdrücken in Lehm untersucht. Im Lager sind viele Ziegelsteine vorhanden, die die Grundlage von weitergehenden Untersuchungen darstellen könnten. Außerdem sind viele Abschlusssteine gesammelt worden. Hier sind auch restaurierte Klangsteine. Einige Bronze-Teile sind ebenfalls gesammelt worden, wie z.B. eine Bronze-Ente und zwei Kraniche, die z.Tl. stark korrodiert sind; einige Bronze-Abzugs-Mechanismen von Armbrüsten sind noch in sehr gutem Zustand. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch den Vergleich mit ausgestellten Fundstücken in Museen. Bei den letzteren ist ein Metall-Spiegel aus der Qin-Zeit besonders aufgefallen. Die Spiegelfläche war zu 2/3 korrodiert, aber zu 1/3 noch gut erhalten. Sie hatte eine silberglänzende Oberfläche und war neben einigen Kratzern, die vermutlich auf die Lagerung im Erdreich zurückzuführen sind, noch völlig intakt. Es war nicht nur der starke Metallglanz bemerkenswert, sondern auch die hohe Planarität und optische Qualität, die sich durchaus mit heutigen Spiegeln messen kann.



Abb. 11. Stereobild-Paar eines Tonkriegers

Schließlich wurden von einem Tonkrieger, der in der Museums-Werkstatt frei stand, Stereoaufnahmen gemacht und z.T. optisch aufbereitet, diese können die Basis für weitere Arbeiten bilden; siehe Abb. 11 – für den Stereo-Eindruck ist ein Stereoskop erforderlich.

Zusammenarbeit während des China-Aufenthalts

Während des China-Aufenthalts bestand eine ausgesprochen gute und unkomplizierte Zusammenarbeit zwischen den Gruppen aus München. Sehr angenehm, effizient und unkompliziert war auch die Zusammenarbeit mit den chinesischen Kollegen, die in jeder Hinsicht hilfsbereit waren. Ohne die Vorarbeiten der Mitarbeiter aus München und ohne die Kooperation der chinesischen Kollegen hätte das große Arbeitspensum während des Aufenthalts nicht absolviert werden können. Es zeigt sich hier auch, dass im Rahmen des Chinaprojekts eine breite Basis für die internationale Kooperation geschaffen worden ist, die sich jetzt voll auf die Effizienz des Projekts auswirkt.

Arbeitsaufenthalt in Lintong, 6. 9. bis 25. 10. 2004

Catharina Blänsdorf

Für Catharina Blänsdorf war dieser Arbeitsaufenthalt der zweite lange Aufenthalt in Lintong im Jahr 2004. Ziel war die Fortführung der Untersuchungen zu Materialien, Technik und Farbschemata der Farbfassung der Terrakottaarmee. Diese waren im Mai/Juni 2004 begonnen, aber nicht abgeschlossen worden.

Vom 21. 9. bis 23. 10. war auch Felix Horn in Lintong, der an der Erstellung von Panoramen und der 3-D-Vermessung einzelner Figuren (Ausführung durch Guido Heinz) arbeitete.

1. Woche*Montag, 6. 9. 2004*

Ankunft in Lintong. Unterbringung im Gästehaus des Erholungsheimes für verdiente Arbeiter der Provinz Shaanxi.

Dienstag, 7. 9. 2004

Besprechung über die Schwerpunkte des Arbeitsaufenthalts sowie weitere anstehende Aufgaben (Rekonstruktion der Polychromie, Jubiläumspublikation)

Mittwoch, 8. 9. 2004

Erster Besuch im Terrakottadepot, in dem nur noch zwei der knienden Bogenschützen mit Farbe aus Grube 2, T21G18 stehen (No. 03 und 04). No. 04 trägt schon eine Halskrause und Handschuhe aus Schaumstoff für den geplanten Transport, der ihn im Oktober nach Shanghai führen soll.

Nachmittags Beginn der Untersuchung von Fragmenten von Farbe in Erde, die bereits im Labor liegen (noch vom Sommer).

Donnerstag, 9. 9. 2004

Fortführung der Dokumentation von Fragmenten in Erde

Freitag, 10. 9. 2004

Fortführung der Dokumentation von Fragmenten in Erde, neue Skizze von Fragment B-0114 angefertigt.

Fig. T21G18:01 („green face“) steht komplett bandagiert und in einem Holzgestell vertäut im vordersten Raum und soll nach Beijing transportiert werden (Transportfrage somit gelöst ?).

2. Woche*Montag, 13. 9. 2004*

Farbschema von Figur T21G18:04 gemalt (9:30-11:15; 14:30-16:15)

Abends Registrierung durch Dorfpolizisten mit Verstärkung

Dienstag, 14. 9. 2004

Farbschema von Figur T21G18:03 gemalt (9:45-11:15; 14:30-16:15)

Figur T21G18:08 wird aus dem Labor in den Keller gebracht (auf einem Gabelstapler !)

Nachmittags Besuch in Kopienwerkstatt des Museums, um Replik für Rekonstruktion der Farbfassung auszusuchen. Die vorhandenen Figuren sind jedoch in der Qualität zu schlecht.

Mittwoch, 15. 9. 2004

Fertigstellung vom Farbschema von Figur T21G18:03 in zwei Varianten (mit und ohne Ocker).

Photographieren des Schwans im Depot. Dabei stürzt ein Lampenkopf vom Stativ (>> bessere Befestigung für „Manfrotto“-Stative B-052 besorgen !)

Donnerstag, 16. 9. 2004

Besuch im kleinen, fensterlosen „Kabinett“ neben dem Raum der Bronzevögel in der Neuen Ausstellungshalle, in dem jetzt vier der knienden Bogenschützen aus Grube 2, T21G18 stehen. Es gibt Licht, Steckdosen auf beiden Seiten, die Figuren können auf Drehscheiben elektrisch in den Vitrinen gedreht werden. Allerdings sind die Vitrinen aus dickem, sehr grünstichigen, unverspiegeltem Glas, was die Betrachtung erschwert.

Nachmittags Sandra Buchers Material von Steinpanzerbergung im Juni 2004 auspacken und katalogisieren.

Freitag, 17. 9. 2004

Besprechung über den Arbeitsaufenthalt der chinesischen Kollegen Xia Yin, Wang Dongfeng, Wang Weifeng und Li Hua in Deutschland.

Figur T21G18:01 („Green face“) ist jetzt noch zusätzlich mit einem offenen Holzrahmen umgeben worden.

Samstag, 18. 9. 2004

Besuch der Großen und der Kleinen Wildganspagode; Stelenwaldmuseum und Geschichtsmuseum, letzteres in Hinblick auf Ausstellung und mögliche Objekte. Im Geschichtsmuseum sind einiger der Goldfunde aus Fengxiang und Yimen ausgestellt.

3. Woche

Montag, 20. 9. 2004

Farbschema der Figuren 002812 und 002815, zwei knienden Bogenschützen aus Grube 2, aber nicht T21G18 und 002816, stehender Bogenschütze, ebenfalls Grube 2 (Positionen konnten bislang nicht herausgefunden werden) erfasst

Nachmittags Beginn der farbigen Dokumentation von Figur T21G18:05 in der Ausstellungshalle.

Dienstag, 21. 9. 2004

Die Figuren T21G18:03 und 04 stehen jetzt im Depot unter einem Plexiglassturz. Fortsetzung der Dokumentation an den Figuren 002812, 15, 16 und 17. Aus Zeitmangel müssen die farbigen Rekonstruktionen nach schriftlicher Dokumentation und Digitalfotos erstellt werden, da das Depot nur sehr begrenzte Öffnungszeiten hat und es eigentlich der letzte Tag ist, an dem dort gearbeitet werden kann. Nachmittags in der neuen Ausstellungshalle: Farbschema für Figur T21G18:02. Ankunft von Felix Horn.

Im Labor wird wegen der bevorstehenden Renovierung alles umgeräumt. Der „alte“ Arbeitsraum ist mit Möbeln vollgestellt und nicht mehr betretbar. Der Computerraum ist leergeräumt, womit kein Internetzugang mehr besteht.

Die Figur mit dem grünen Gesicht wird in einen Kleinbus verladen (liegend), in dem sie nach Beijing gefahren wird.

Mittwoch, 22. 9. 2004

Vormittags in der neuen Ausstellungshalle: Farbschema für Figur T21G18:06

Nachmittags Erstellung eines Zeitplans für den Rest der Zeit und Polarisationsmikroskopie an Referenzproben sowie Bestimmung von Proben hanzeitlichen Farbschichten mit Xia Yin.

Donnerstag, 23. 9. 2004

Diskussion über Untersuchung, Maltechnik und Oberflächenreinigung an den buddhistischen Skulpturen, die im großen Arbeitsraum bearbeitet werden.

Die Figuren gehören dem Stelenwaldmuseum. Sie stammen aus einem Dorf im Stadtgebiet von Xi'an. Die Bruchstücke der Figuren aus dem 5. und 6. Jh. AD wurden nach buddhistischer Tradition beige (angeblich in der Kulturrevolution zerschlagen und jetzt von den Anwohnern wieder ausgegraben, um sie wieder aufstellen. Dies erscheint angesichts des quasi unberührten Zustands der Malschichten jedoch unwahrscheinlich. Fundbericht, Bilder o.ä. fehlen). Es handelt sich um Figuren aus feinem grauem Kalkstein mit Kaltbmalung und

Vergoldungen sowie ein sehr porös gewordenenes und absandendes Sandsteinrelief, vermutlich Teil einer Stele (mit Buddha und Gebet an Guanyin) von ca. 490 AD.

Gespräch mit Zhang Zhijun über die Position der Figuren in Grube 2, T21G18 (an die er sich nicht genau erinnert und anders angibt als später der Archäologe Liu) und darüber, ob es Dokumentationen der Farbigkeit der Figuren in Form von Texten, Bildern und Zeichnungen gibt (ohne Ergebnis).

Freitag, 24. 9. 2004

Erstellung einer Liste mit allen Fragmenten von Farbe in Erde und Erdabdrücken („B-Nummern“) aus dem Terrakottadepot. In zwei Kisten sind wunderbare, gut erhaltene Lackwaren aus dem Grab No. 1 in Fengxiang (Lackschicht von Holzkasten mit roten Mustern, schwarze Schale mit Löffel und rote Schale).

Eine Anzahl von insgesamt 20 Fragmenten der Farbe in Erde wird aus dem Depot in die Werkstatt gebracht, um dort Farben, Mischungen und Muster genauer zu untersuchen.

Mittags in Grube 2, wo eine weitere Figur aus Grube 2 umgedreht worden ist. Es handelt sich um eine der beiden verbliebenen Figuren in diesem Gang auf der Grenze zwischen altem (1977) und neuem (1999) Grabungssektor. Obwohl der sichtbare Rücken schon 1977 ausgegraben wurde, war auf der Vorderseite noch Farbe. Der Kopf lag unter dem Körper. Auch wenn substantielle Teile der Farbe in der Erde geblieben sind (wie die Bemalung des Kopfes) und der Lack schon so ausgetrocknet ist, dass er die Haftung zur Terrakotta verloren hat, soll eine Konservierung versucht werden.

Zuständig dafür ist Zhang Shangxin, der mit Pinseln PU aufstreicht, nachdem er etwas PEG 200, 30%, und 2,5 % PU aufgesprüht hat. Es wird beschlossen, eine Konservierung der Farbfassung mit Wattekompresse über mehrere Tage zu versuchen.

Nachmittags Beginn der Dokumentation der Farbfragmente aus dem Depot.

4. Woche

Montag, 27. 9. 2004

Grube 2: Morgens Kopf der Figur 001 in T21G18 mit 30 % PEG 200 auf Wattekompresse behandelt, nachmittags den freigelegten Teil des Oberkörpers mit 30 % PEG 200 und 2.5 % PU-dispersion, zuvor noch aufliegende Erde entfernt; rechte Hand mit 30 % PEG. Danach wird alles abgedeckt und Wasserschalen unter die Folie gestellt.

Es gibt schon Glanzränder vom PU auf dem Gesicht, das offensichtlich mit dem Pinsel aufgetragen ist.

Nachmittags im Labor Fragmente der Farbe in Erde untersuchen.

Im Labor beginnen die Umbaumaßnahmen, alles ist voller Schutt, Staub und unablässig wird gehämmert.

Dienstag, 28. 9. 2004

Mondfest. Die Kompresse in der Grube 2 sind so ausgetrocknet, dass es in den jetzt schon weitgehend ausgetrockneten Bereichen wohl besser ist, erst einige Tage nur mit Wasser vorzufeuerten, bevor man die Konservierung beginnt.

Im Nachbargang T21G19 liegen die Figuren noch in Fundsituation, sind aber weitgehend ausgetrocknet, wobei sich unterschiedlich viel Farbe erhalten hat. Zhang Shangxin sprüht Wasser und PEG auf, damit der zuständige Archäologe der Woche Zhang Jun Fotos machen kann.

Nachmittags Besuch im Technischen Zentrum, um über die Jubiläumspublikation u.a. zu sprechen (mit Hou Weidong, Qi Yang und Ma Tao). Sie haben eine neue Publikation, die alle ihre Projekte vorstellt.

Kurzbesuch im Archäologischen Institut.

Mittwoch, 29. 9. 2004

Konservierung in Grube 2 (Kopf und Körper in T21G18, jetzt 60 %) und Fortführung der Dokumentation der Farbfragmente in Erde.

Donnerstag, 30. 9. 2004

Grube 2, T21G18, werden Kopf und Körper der Figur 001 weiter behandelt. Es regnet es an vielen Stellen durch das Dach der Halle. Am Nachmittag hat der zuständige Archäologe Zhang Jun veranlasst, dass unter allen undichten Stellen Folien ausgelegt werden.

In T21G19, werden jetzt behandelt:

- rotbraunes Gewand, unterer Teil eines stehenden (jetzt auf dem Bauch liegenden) Kriegers
- Beine, anscheinend nur Lack und ausgetrocknet, eines stehenden Kriegers mit grünem Gewand
- Kopf eines knienden Kriegers, der in der Erde hockt und
- sein Knie
- Daumen eines stehenden Kriegers, der quer zu den andren liegt

Es wird besprochen, dass Wang Dongfeng über die Feiertage die Behandlung fortführen soll, wobei jeweils mindestens 3 Tage 30 % und 3 Tage 60 % PEG 200 mit Kompressen aufgebracht werden sollen. 80 % PEG sollen nur in T21G18 aufgebracht werden, wo schon PU verwendet wurde.

Im Labor Fortführung der Dokumentation der Farbe in Erde.

Felix Horn ist heute krank.

Freitag, 1. 10. 2004

Vom 1. bis 7. 10. sind Ferien wegen Nationalfeiertag.

Felix Horn ist immer noch krank. C. Blänsdorf fährt nach Beijing.

Nationalfeiertag: Auf dem Tian An Men-platz ist ein Blumenmeer, die Mauer (als Blumenkonstruktion) steht einer Rakete gegenüber und von der Platzmitte blickt Sun Yatsen (in gleicher Größe) zu Maos Portrait hinüber. Tausende von Chinesen fotografieren sich vor dieser Kulisse.

Samstag, 2. 10. 2004

Besuch der Ausstellung im Shijitan (China Millenium Monument) über Kulturerbe und Archäologie in China.

Verschiedene Themenkomplexe werden vorgestellt, vor allem auf Schautafeln, darunter: Stadtbauprojekte, Stadtsanierung, Gebäudesanierung, Rekonstruktion, Ausgrabungen, Unterwasser-archäologie, Kartierungen, naturwissenschaftliche Untersuchungen, Restaurierungen, internationale Kooperationsprojekte.

In den größeren Räumen sind auch Objekte ausgestellt, darunter auch die Figur mit dem grünen Gesicht, ein Steinpanzer, eine Bronzegans.

Auf Postern werden vorgestellt: Grab der Li Chui (Diadem), Dafosi, Shuilu'an, Bronzевögel (A. I.), Bronzekutschen, Erdkonservierung in den Gruben (als Proejkt von Hr. Zhou, Beida); die deutschen Projektpartner sind nicht erwähnt. Weiterhin das Getty Projekt in Dunhuang, Famensi (Seiden), Magnetometerprospektion mit Erwähnung der dt. Partner sowie ein DFG-Projekt „Staat, Handwerk und Gewerbe in Peking, 1700-1900“.

Ein Raum stellt Techniken und Materialien (Bronzeguss, Seidenweberei, Architekturfassung und Vergoldung, Schiffsbau) vor, ein weiterer digitale Erfassungstechniken und Datenbanken.

Im Eingangsbereich listen mehrere Poster internationale Kooperationsprojekte auf:

Italien – Technisches Zentrum

USA: GCI – Dunhuang Academy

D: Fassbinder, Mainz – Archäologisches Institut, Techn. Zentrum

Japan: Tempel in Beijing und Yuanmingyuan

Daneben gibt es eine Einführung in verschiedene Arten der Arbeit und einen Abdruck der Denkmalschutzgesetze

Insgesamt eine sehr interessante Ausstellung, leider nur in Chinesisch.

5. Woche

Dienstag, 5. 10

Besuch in der Beida bei Fr. Zhang Xiaomei.

Wegen der Ferien ist das Gebäude verlassen. Der Neubau ist fertig, jedoch leer, da das Geld für die Inneneinrichtung fehlt. Also residieren die Dozenten weiterhin in extremer Platznot in diesen vollgestopften Allzweckräumen, die Büro, Werkstatt, Labor, Lagerhalle etc. auf einmal sind. Sie berichtet von ihrer Schwierigkeit, Studenten für Konservierung zu motivieren, die schon Archäologie als „Notlösung“ begonnen

haben (wegen zu schlechter Noten). Von ihren Studenten (bzw. früheren Studenten) sind jetzt zwei als Postdocs in London aufgenommen worden.

Donnerstag, 7. 10. 2004

Zurück in Lintong, Wanderung auf den Lishan bei schönstem Wetter.

Freitag, 8. 10. 2004

Im Labor ist alles staubig, es gibt noch kein Wasser. Forstführung der Konservierung in Grube 2, wo Probleme mit Schimmel (am Körper von 001) und parallel dazu Austrocknung stattfinden, da die Erde und die Terrakotta massenweise Wasser oder auch PEG absorbieren. Zur Schimmelbekämpfung 70 % Ethanol gesprüht (Isopropanol war nicht vorhanden und auch nicht aufzutreiben).

Beim Mittagessen treffen wir zwei Geophysiker aus Wien, die gerne den Grabhügel vermessen wollen.

Beginn der Dokumentation der behandelten Fragmente.

Samstag, 9. 10. 2004

Gespräch mit dem Archäologen Hr. Liu Zhancheng über Farbfassung, Bewaffung und Dokumentation der Farbigkeit. Er rät, uns an die knienden Bodenschützen zu halten, mehr gäbe es sowieso nicht. Über die Zuordnung der Waffen zu den einzelnen Figuren ist nichts heraus zu bekommen. Er sagt, es gäbe keinen Zusammenhang zu den Löchern zwischen Armen und Körpern und den Waffen.

Sonntag, 10. 10. 2004

Abnahme von Klebflecken von Fragment F-005/2000 für Untersuchung und Entfernung des ausgetretenen Materials auf der Farbfassung mittels Ethanol. Damit ist eine Reduzierung der Klebschicht möglich, die nun massiv ausgetreten ist und auch viele der Knöpfchen-Stiche überzieht. Das Grün ist komplett wieder bedeckt und auch die Bruchkanten.

Es sind verschiedene Stufen zu unterscheiden:

- a) lässt sich sofort und komplett lösen
- b) dauert länger und bleibt verdunkelt
- c) weicht nur noch an, quillt, zähelastische Haut, in welche die Farbfassung eingeschlossen ist.

Auf dem Rot darf man nicht rollen, da sonst die Pigmente sich ablösen und die Watte in der Farbe hängt.

Für die Untersuchung wurde alles abgekratzt, was sie entfernen ließ und z.T. auch die mit Ethanol angeweichte Haut.

Weitere Behandlung mit PEG 200 an den ausgewählten Figuren in T21G18 und G19 in Grube 2.

6. Woche

Montag, 11. 10. 2004

Letzte Klebflecken von Fragment 005/2000 abnehmen

Mittags Treffen mit Hou Gailing, die Herrn Koob und Herrn Kersten (von der Fernsehproduktion Gruppe 5) begleitet und den Besuch des Vizeministers Tong Mingkang aus Beijing mit Delegation ankündigt.

Nachmittags in Xi'an, um den Flug umzubuchen (Rückflug nach Absprache mit den Chinesen um 1 Woche nach hinten verschoben, um die Arbeit in Grube 2 noch fortzusetzen).

Die Chinesen waren nicht mehr in Grube 2 am Nachmittag.

Abends Sendung auf CCTV mit dem Archäologen Zhang vom A. I. (der jetzt am Zhaoling gräbt) über seine Ausgrabungen in Tibet (Guge).

Dienstag, 12. 10. 2004

Gruppe von 7 Leuten vom Zentrum für Fernerkundung aus Xi'an in Grube 2, die einen 3-D-Scan der gesamten Grube (Oberfläche) machen.

Morgens: T21G19, rotbraunes Gewand einer stehenden Figur (jetzt auf dem Gesicht liegend): Reinigung der Oberfläche, bevor 60 % PEG mit Festigungsmittel (PU) aufgebracht wird. Die Erde ist z.T. sehr klebrig und schmierig. Zuständiger Archäologe ist diese Woche Hr. Shao Wenbin. Zhang Shangxin schlägt vor, ab Frühjahr 2005 zusammen mit den Deutschen eine komplette Figur zu konservieren. Zusammen mit der jungen Archäologin Wang Xuan entfernt er die Erde von der Farbfassung.

Der Kopf der knienden Figur und die Beine der liegenden (neben der mit dem rotbraunen Gewand) sind sehr ausgetrocknet.

Am Nachmittag, 2 Stunden: Beginn der Reinigung des Kopfes der Figur 001 aus Grube T21G18, der von einer PU-Haut überzogen ist (!). Die Haftung zwischen Malschicht und Lackgrundierung bzw. Lack und Terrakotta ist äußerst schlecht.

Besichtigung der Ausstellung der Gold- und Silberfunde aus dem Staat Qin (überwiegend aus Shaanxi) mit Rong Bo. Die Ausstellung ist im unteren Geschoss der neuen Ausstellungshalle und recht gut aufgemacht. Sehr viele Stücke aus Fengxiang, Yimen und andere Funde der Chunqiu-Zeit; viel aus der Zhanguo-Zeit, diverse kleine Teile von Pferdegeschirren der Terrakottaarmee, die nie gezeigt werden und Teile der Bronzekutschen (bzw. ähnlicher Kutschen aus Holz mit Bronze-Elementen) sowie viele qin- bis hanzeitliche Stücke (vgl. Katalog).

Im oberen Stockwerk ist eine Ausstellung mit Stücken aus der inneren Mongolei, eher lieblos ausgestellt und schlecht beschriftet, wenn auch sehr schöne Stücke.

Mittwoch, 13. 10. 2004

Morgens Grube 2, T21G19:

- Gewand: Komresse abgenommen, die Fläche abgetupft und durch 80 % PEG ersetzt

- Beine: erscheinen wieder trocken, 60 % Peg mit PU aufgesprüht, dann wieder Komresse mit 60 % PEG aufgelegt, in der Hoffnung, eine leichte Fixierung zu erreichen. An der abgenommen Komresse bzw. dem darunter liegenden Tuch, ist viel Lack hängen geblieben, der trotz Peg vielleicht für Versuche gebraucht werden kann und eingepackt wird.

Ein Knöpfchen der knienden Figur ist abgefallen und wird mit etwas PU an der richtigen Stelle fixiert (PU, weil alles nass und voll PEG ist), damit es nicht verloren geht. Der Kopf derselben Figur ist schon dick mit PU überzogen und zeigt die daraus resultierende, unangenehme Gummihaut auf der Oberfläche. Reinigung ist nicht mehr möglich. Die Komresse wird hier jetzt entfernt (ist wohl auch nutzlos) und der Kopf mit einer Plastikfolie abgedeckt.

- Knie derselben Figur und Daumen einer anderen Figur: Behandlung s. Beine

Nachmittags wird die Situation kontrolliert und mehr PEG 60 % nachgegeben. Der Kopf sieht stabil aus. Das Gewand mit 80 % PEG ist noch feucht.

Danach Fortsetzung der Reinigung des Kopfes von Figur 001 in der Werkstatt. Ein Fragment von Farbe in Erde vom Gesicht probeweise mit 30 % PEG und PU eingesprüht; alle Fragmente in Erde gegen Schimmelbefall mit Ethanol (chin. Spiritus) besprüht.

Donnerstag, 14. 10. 2004

Morgens: Versuch, vom Körper von T21G18:001 die Erde abzunehmen, um die Farbfassung zu festigen. Da die halbe Konservierungsabteilung und Liu mit verschiedenen Archäologen zugegen sind, gestaltet sich das Ganze als eine Demonstration zum Thema In-situ-konservierung. Es erweist sich leider als sehr schwierig, da die Farbe eher an der Erde als an der Terrakotta hängt und unter der Farbfassung bereits große Hohlräume sind: Die Erfolge sind minimal und auch nicht recht befriedigend. Den Archäologen ist das zu pingelig und zu langsam.

Auch die Arbeit am Kopf derselben Figur gestaltet sich als schwierig. Trotz extremem Zeitaufwand ist das Ergebnis der Reinigung nicht befriedigend, die Beschädigungen in der Farbschicht zu massiv. Es scheint fast, dass bei einer halb ausgetrockneten Malschicht eine Reinigung eigentlich nicht mehr möglich ist (d.h. wenn die Ablösung von der Terrakotta schon eingetreten ist).

Freitag 15. 10. 2004

Morgens: Ein weiterer Versuch, den Körper in der Grube zu reinigen, diesmal mit Ron Bo zusammen, der am Tag zuvor nicht dabei war.

Nachmittags: Alle Kompressen in T21G19 abgenommen. Der Lack auf den Beinen, der am schlechtesten erhalten ist, sieht einigermaßen stabil aus, klebt aber nicht auf der Terrakotta. Der Rest sieht gut aus.

Nachmittags: Weitere Reinigung am Kopf von 001, was sehr schlecht geht. Der Versuch, die Kiste aufzumachen, zeigt, dass trotz bereits abgeschlossener Festigung der Lack sich noch abrollt. Daher nochmals Kompressen mit 80 % aufgelegt.

Samstag, 16. 10. 2004

Besuch von Putin im Museum der Terrakottaarmee, weswegen nicht nur das Museum, sondern für mehrere Stunden auch die Autobahn nach Xi'an komplett gesperrt sind. Die Fahrt über die überfüllte, schlammig aufgeweichte Landstraße dauert 2 Stunden. Erkundung der Baumärkte.

Sonntag, 17. 10. 2004

Fischleim (also Störleim) gibt es in Garagenläden am Hongmiaopu-Markt, für 8.5 Yuan das Kilo, interessanterweise allerdings mit einer Mindestabnahmemenge von 25 kg (!).

Außerhalb der Westmauer, Nordhälfte gibt es ausgedehnte Garagenläden, in denen auch Plastiktütenverschweißgeräte verkauft werden.

Abends trifft C. Blänsdorf den ersten Nichtchinesen, der nicht als Tagestourist in Lintong ist: Ein Kanadier, der an einem der ausgelagerten Zweigen einer Xi'ner Universität Englisch unterrichtet und samt chinesischer Freundin in Lintong lebt.

7. Woche

Da Zhang Shangxin, der wollte, dass C. Blänsdorf wegen der Konservierung in Grube 2 länger bleibt, jedoch keine Genehmigung für die Grube besorgt hat, kann sie nicht in der Grube arbeiten. Die praktischen Arbeiten werden somit abgebrochen.

Montag, 18. 10. 2004

Kompressen vom Kopf abgenommen, der danach erstmal sehr feucht aussieht, aber der Lack erscheint jetzt stabilisiert.

Mit Wang Weifeng, Li Hua und Xia Yin Einführung in die Herstellung von Anschliffen.

Kurze Besprechung: Zhou Tie sagt, er werde sich um die Konservierung der Figuren aus Grube 2 kümmern, Zhang Shangxin soll bis dahin Schimmel und Austrocknung im Auge behalten. C. Blänsdorf hat nun nichts mehr zu tun, außer die durchgeführten Maßnahmen ins Reine zu schreiben. Das Protokoll wird Zhou Tie übergeben.

Dienstag, 19. 10. 2004

Aufräumen. Farbrekonstruktion mit Gouache eines Kavalleristen anhand von Farbfotos.

Vorstellung der Ergebnisse des Arbeitsaufenthalts von C. Blänsdorf für Zhang Zhijun (Übersetzung durch Rong Bo), der bisher nicht gekommen war, sich jetzt aber interessiert zeigt.

Mittwoch, 20. 10. 2004

Der Lack auf dem Kopf verformt sich nicht mehr, obwohl die Oberfläche jetzt bei leicht geöffneter Kiste langsam trocknet.

Nachmittags: Alle Bücher, die nach Deutschland geschickt werden sollen, werden in die Post nach Lintong gebracht, dort in professionelle Bücherkisten gepackt und abgeschickt (2 Kartons à 23 und 13 kg kosten inkl. Kartons 1005 Yuan).

Donnerstag, 21. 10. 2004

Die vier, die nach Deutschland kommen, holen ihre Pässe und Flugtickets in Xi'an ab.

Abschlussfotos vom Kopf. Rong Bo hilft, Informationen zu einzelnen Figuren aus der Datenbank des Museums zu ziehen (Computer steht bei Nie Li). Allerdings sind die Beschreibungen (noch ?) eher spärlich. Immerhin lassen sich die Nummern der 7 Generäle aus Grube 1 ermitteln.

Felix Horn ist auf eine Wanderung auf den Huashan eingeladen.

Freitag, 22. 10. 2004

Felix Horn ist wieder eingeladen (Famensi, Qianling). C. Blänsdorf untersucht einige Muster von den Tonkriegern, die im Ausgrabungsbericht von 1988 abgedruckt sind und geht zum Abschluss auf dem Nachtmarkt Mashi essen.

Samstag, 23. 10. 2004

Morgens um 7:50 Uhr Abflug nach Beijing, zusammen mit Felix Horn, Li Hua, Xia Yin, Wang Dongfeng und Wang Weifeng. Diese fünf reisen am selben Tag gemeinsam nach München weiter. C. Blänsdorf hat für diesen Tag keinen Flug mehr bekommen und kommt am 15. 10. nach.

Details

Organisation

CB erhält Schlüssel für den alten Raum, den neuen großen Arbeitsraum und die Schränke dort, in denen das kleine und wertvollere Arbeitsmaterial aus dem Projekt eingelagert ist und so kann man sich relativ unabhängig bewegen.

Der „alte Arbeitsraum“ ist so, wie wir ihn verlassen haben. Sandras Material ist dort eingelagert, aber nicht aufgeräumt. Kaum ist der Raum in Benutzung, wird er als Stauraum während der Renovierung gebraucht. Trotz Folie vor der Tür (die eigentlich auch ausgetauscht werden sollte) kommt natürlich Baustaub herein. Da die Renovierung länger als der Arbeitsaufenthalt dauerte, ist unklar, was aus dem Raum wird.

Bronzevögel/Metallrestaurierung

Am Schwan ist die Federzeichnung extrem fein und realistisch. Am Hals ist ein Runzelcraquelé wie in Ölfarbe sichtbar und die Farbe erscheint weiß (hell) mit verschwärzter Oberfläche. An anderen Stellen erscheint sie dagegen glatt und ganz schwarz. Vielleicht ist sie dort verkohlt. Es wäre interessant, von einer der hellen Stellen einen Querschleif zu untersuchen, falls eine Farbscholle zu entnehmen ist.

Ma Yu und Liu Jangwei, die jetzt als Metallexperten gelten, sind für zwei Monate in Henan und auch längerfristig erstmal nicht da.

Ausstellung

Li Hua findet im neuesten Buch des MTA, dass der Würfel, für den H. Pleiger sich interessierte, mingzeitlich ist.

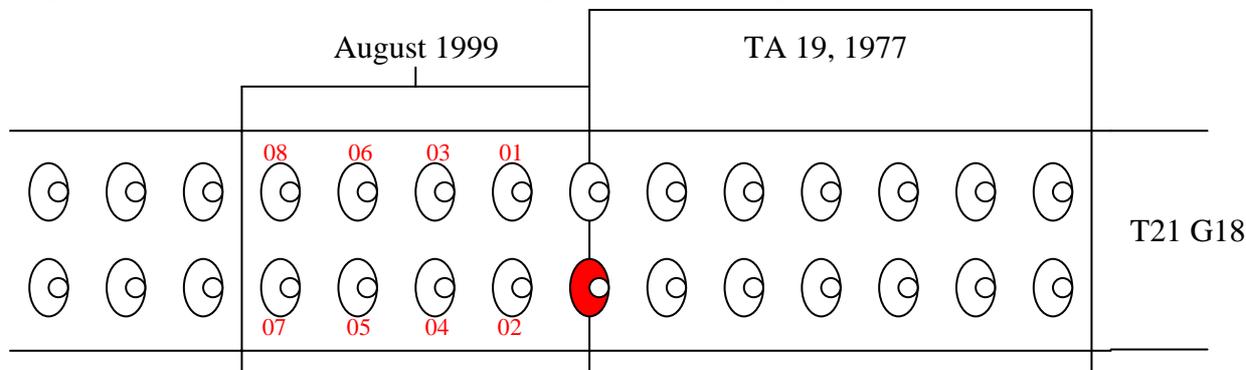
Information vom 9. 10. von Gerda aus Mainz: ein Hr. Roland Freyer von der Galerie Classic Art in Leipzig war in Xi'an für ein Gespräch mit Zhang Tinghao (das vor dem mit Hr. Daim und Fr. Greiff stattfand). Er will eine Ausstellung machen, die von der Terrakottaarmee ausgeht. Gezeigt werden sollen 8-10 originale Krieger und 80-100 Kopien, um einen Eindruck von Grube 1 zu erzeugen, sowie 80 weitere qinzeitliche Stücke. Die Ausstellung beginnt im Frühjahr 2005 im ehem. Landwirtschaftsmuseum in Leipzig und wird dann 2 Jahre durch Europa reisen. (Im Internet setzen sich die Veranstalter dezidiert von der „Kopienausstellung“ von Terra Presenta ab und betonen, dass die chinesische Regierung ihre Ausstellung „autorisiert“ habe).

Neue Funde

Im März 2004 wurde ein weiteres Areal mit Skeletten von Zwangsarbeitern gefunden, die entweder an einer Krankheit gestorben oder hingerichtet worden waren. Es liegen ca. 40 Skelette in einer Grube. Dieses Areal befindet sich 1 km östlich vom MTA (d.h. vor dem Haupteingang). Hr. Meng zeigt Felix die Fotos davon.

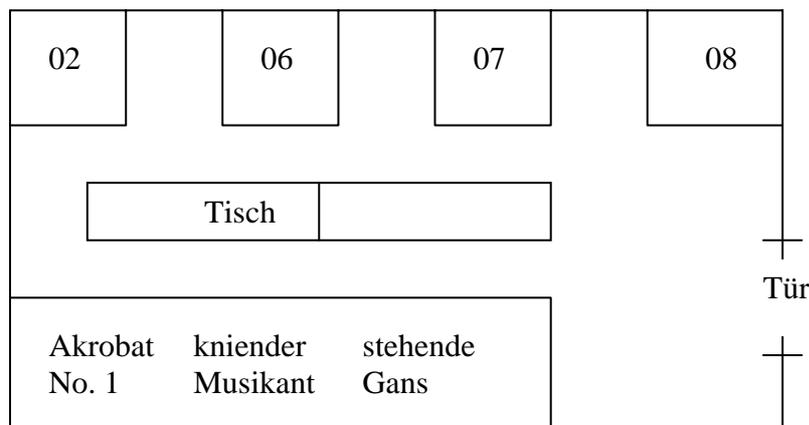
Polychrome Figuren

Aus T21G18 gibt es insgesamt 8 kniende Bogenschützen, deren Farbfassung konserviert worden ist. Die Nummerierung ist jetzt von der „Gruben“nummerierung T21G18:01-08 in Depotnummern 0055-04 bis 0055-11 geändert. Die Figur mit dem grünen Gesicht ist



T21G18:01 (nicht 04).

Vier der Figuren werden jetzt in einem kleinen Seitenraum der neuen Ausstellungshalle gezeigt (neben den Bronzekutschen), wobei die knienden Bogenschützen an der Südwand in einzelnen Vitrinen stehen. An der Nordwand stehen die stehende Gans, ein kniender „Musikant“ und ein Akrobat (K9901T1G3:Figur 1) in einer gemeinsamen Vitrine. Die Vitrinen haben dickes, nicht entspiegeltes grünes Glas. Die knienden Bogenschützen sind auf



Knopfdruck drehbar (auf einer Drehscheibe).

Die Figur, an der in diesem Arbeitsaufenthalt gearbeitet wurde, heißt provisorisch T21G18:001 und stand vor der Figur T21G18:02. Sie befand sich am Rande eines Testfeldes und wurde rückseitig schon 1977 freigelegt:

Der Archäologe Hr. Liu Zhancheng zeichnet uns die Nummern bzw. Positionen der acht knienden Bogenschützen auf (s. oben, anders als Zhang Zhijun !). Ihm zufolge wurden dort nur Pfeilspitzen, jedoch keine Waffen gefunden. Wir einigen uns darauf, dass es bei der Terrakottaarmee keine Bögen, sondern nur Armbrüste gibt. (Der vordere Bogenteil heißt chin. *gong bei*, der Holm *nou bi*, und die Sehne *xuan*). Die knienden Bogenschützen haben wohl umgehängte Köchertaschen getragen. Dabei ist interessant, dass einige kniende Bogenschützen Bohrungen im Kragen haben. Hr. Liu kennt sich bei der Zuordnung der Waffentypen nicht sehr gut aus und bezweifelt, dass die an fast allen Figuren vorhandenen durchgebohrten Löcher zwischen Armen und Körper etwas mit den Waffen zu tun haben.

Auf jeden Fall folgt aus dem Ganzen, dass die knienden Bogenschützen wohl, wenn sie Waffen hatten, Armbrüste hatten (da sie mit Pfeilen gefunden wurden). So, wie die Hände sind, halten sie diese vertikal, das heißt, sie sind bewaffnet, schießen aber nicht. (Im Gegensatz zu dem, was alle Museumsführer sagen und schreiben, in denen immer steht, die stehenden hätten gerade abgeschossen und die knienden würden gerade anlegen, um den nächsten Schuss abzugeben). Eine Armbrust müsste man horizontal und vor der Brust halten, um abzuschießen. Außerdem waren, den Zeichnungen im 1. Ausgrabungsbericht zufolge, die Armbrüste in Gewebe(-hüllen oder -taschen ?) verpackt und somit gar nicht in akutem Gebrauch.

Für weitere Klärungen wäre ein anderer Archäologe oder Waffenspezialist gefragt. Als weitere Ansprechpartner nennt Hr. Liu uns:

- Zhang Tianzhu, der das Photoarchiv verwaltet
- Xia Juxian, Photograph, den wir nicht treffen können und der als schwierig gilt
- Yuan Zhonyi

Zhang Tianzhu überlässt uns netterweise einige Aufnahmen. Er hat einen Ordner mit Aufnahmen aus Grube 2, in der auch die Repros der Farbrekonstruktionen sind, aber es gibt weder Datums- noch Positionsangaben. Die Originale der Aquarelle sind angeblich nicht mehr auffindbar.

Rekonstruktion der Farbfassung

Wang Dongfeng kümmert sich um die Rekonstruktion einer farbigen Figur: er soll eine qualitativ hoch stehende Kopie besorgen und einen Lackmeister finden.

In der Kopienwerkstatt des Museums werden Kopien für den Verkauf hergestellt, daher stammt auch die Kopie, die wir zum Kleben üben hatten. Die Figuren sind alle im Vergleich zu den Originalen ziemlich grobe modelliert und in „Etagen“ gebrannt. Die Terrakotta ist eher bräunlich. Die Oberfläche wird mit irgendetwas schwarz gefärbt.

Im Prinzip weiß der Meister aber gut über die traditionellen Techniken Bescheid, z.B. dass man Lehm lange stampfen muss. Er hat einen Ofen mit Wasserbecken darüber für Reduktionsbrände, max. Brenntemperatur bis 1050 °C. Befeuert wird der Ofen allerdings mit Kohle. Fernsehen und Zeitschriften haben schon oft Journalisten geschickt, um ihn zu interviewen und zu filmen. CB sucht drei kleine, in Modeln gemachte Figuren aus, die grau im Ton und noch oberflächlich unbehandelt sind.

Für die Ausstellung ist es erforderlich, Figuren in besserer künstlerischer Qualität herstellen zu lassen. Angeblich gibt es Künstler, die das können. Nachdem es erst hieß, diese seien am Museum angestellt, ist es letztlich wohl eher so, dass man sie erst suchen und dann engagieren muss.

Im großen Lagerraum im Untergeschoss stehen, neben einigen Gipsabgüssen und den dazugehörigen Gussformen auch zwei bemalte Gipsfiguren eines Generals und eines gepanzerten Offiziers. Die Bemalung ist fein ausgeführt, aber relativ frei in Hinsicht auf Farbigkeit und Muster interpretiert. Es bleibt unklar, ob sie an konkreten Figuren oder Vorlagen orientiert ist.

Schedule Working Visit Munich 2004

	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	So
	18.10.	19.10.	20.10.	21.10.	22.10.	23.10.	24.10.
						Arrival of colleagues from Lint	
	25.10.	26.10.	27.10.	28.10.	29.10.	30.10.	31.10.
Aging Tests	Discussion about Program English test	First discussion about aging tests Preparation of samples For aging tests	Visit of Dörner-Institute Visit of the New Pinakothek	Introduction of the colorimeter Preparation of samples	Measuring of colors		
	01.11.	02.11.	03.11.	04.11.	05.11.	06.11.	07.11.
Preventive Conservation	holiday	English Preventive conservation Part 1 (Magnusson)	Preventive conservation - part 1 Preventive conservation - part 1	Preventive conservation - part 2 (Fa. Kroh+Grath) Preventive conservation - part 2	English		
	08.11.	09.11.	10.11.	11.11.	12.11.	13.11.	14.11.
Pigments and aging tests	English Introduction to pigment analysis	English Preparation of pigment samples	Determination of Pigments Visit TU-München	English Determination of pigments	English		
	15.11.	16.11.	17.11.	18.11.	19.11.	20.11.	21.11.
Pigments and Packaging	English Determination of pigments	RGZM Mainz Determination of Pigments with Raman Microscopy	RGZM Mainz Determination of Pigments with Raman Microscopy	Berlin, Visit of Hasenkamp Packaging company for Art Objects	Berlin, Visit of the Conservation Workshop of Museum Dahlem	Berlin, Pergamon Museum. Opening Japanese Art Exhibition, Gropius Museum	
	22.11.	23.11.	24.11.	25.11.	26.11.	27.11.	28.11.
Stone Armor and Documentation Techniques	English REM-Analysis of consolidated limestone	English Analysis of pressure strength (limestone)	To Bonn,	Steering committee; meet Bundeskunsthalle	Steeringcommittee In Mainz RGZM	Back Munich	

Mr. Xia Yin, Mr. Wang Dongfeng, Mr. Wang Weifang, Ms. Li Hua in Munich for a work stay with focus on preventive conservation, pigment analysis and measuring of colors (see article "Test on materials and preventive conservation").

Working Stay

Munich Oct. - Nov.

Seminar: Introduction to Preventiv Conservation
Date: 2-3 November 2004
Participants: 5 Persons
Profesional backgrounds: Restores and Scientist (Nat.)

State of Action

In the framework of a longer working visit at the "Bayerische Landesamt" will the collegues from China become an introduction to preventiv conservation. The introduction is asked to give an overview of the guidelines given for Preventiv Conservation in Museum.

The Information given is based on recommendations from IIC, ICOM and ICCROM. The planning source is the International adapted "Vantaa Document".

The following seminar is coordinated with the seminar given by Krah & Grote about techniques of Measurement in the preventive conservation. In this way will the emphasis of the seminar be on the introduction to the subject. The measurement solutions is given in a seminar following this seminar.

The timeframes for the introduction are given from the customer and include 2 halfday classes and one full day classe. The total time needed is 20 hrs. Including breaks.

Programm

02-11-04: Introduction, Humidity, Temperature, Light

Start	End	Subject
08:00	08:50	Preventiv conservation- a definition
09:00	09:50	The deterioroation factors of Museum Artefacts. Humidity Light Airpollution Temperature Pests Handling
10:00	10:50	The importance of humidity and influence of temperature
11:00	11:50	Understanding the hygrometric chart
12:00	12:50	Respons of museum material to humidity
13:00	13:50	Light and heat energy
14:00	14:50	Damage caused by unvisible and visible radiation
15:00	15:50	Sun and Sky
16:00	16:50	Conservation lighting specifications
17:00	17:50	The lighting situation and the process of seeing

03-11-02: Airpollution, Pest, and Handling

Start	End	Subject
09:00	09:50	The problem of airpollutions
10:00	10:50	Particulates pollution
11:00	11:50	Gaseous pollutions
13:00	13:50	Microbiological deterioroation in collections
14:00	14:50	
15:00	15:50	Handling of Collections and Exhibitions
16:00	16:50	Risk Assessment in Preventive conservation
17:00	17:50	Summary and excourse

Wien 11 Oktober, 2004

Yngve Magnusson